Universidade de São Paulo
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
Departamento de Astronomia

Vinicius Moris Placco

Busca por Estrelas Muito Pobres em Metais Baseada no Enriquecimento em Carbono

São Paulo

2010

Vinicius Moris Placco

Busca por Estrelas Muito Pobres em Metais Baseada no Enriquecimento em Carbono

Tese apresentada ao Departamento de Astronomia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Astronomia

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Silvia Rossi

São Paulo

2010

Ao dia de amanhã

Agradecimentos

À Carol, por todo o amor, dedicação e por sempre entender que as minhas ausências iriam contribuir para o meu crescimento pessoal e profissional;

Aos meus pais, Sylvio e Inez, e irmãos, Matheus e Juliana, que apoiaram as minhas escolhas desde o curso de Física e acreditaram no meu potencial;

À Silvia Rossi, por me apresentar às estrelas pobres em metais, pela orientação desde o trabalho de graduação e pela orientação “não-científica” durante esses anos de convivência;

Aos pesquisadores: Timothy C. Beers, pelo exemplo de pesquisador e pelas valiosas dicas que enriqueceram meu trabalho. Seu entusiasmo pelas estrelas pobres em metais mostrado em nossas conversas me fez querer continuar neste caminho; Norbert Christlieb, por ceder a base de dados para este trabalho, por toda a ajuda com a seleção e inspeção visual dos espectros, e por me receber em seu instituto; Young S. Lee, Catherine Kennedy, Thirupathi Sivarani, Dieter Reimers e Lutz Wisotzki, pela co-autoria nos artigos;

Aos colegas: “Dotô” Alessandro Pereira Moisés, pelo grande auxílio com a revisão gramatical do texto, e ao sempre guerreiro Tiago “Zé Colméia” Mendes de Almeida, que dividiu sala comigo por um bom tempo e me aguentou quase um mês na Índia. Agradeço também aos dois pelo companheirismo e co-autoria do blog Café com Ciência; Alan Alves Brito, pela leitura criteriosa dos meus textos e pelas dicas valiosas em meus projetos futuros; Felipe Santos, Oscar Cavichia e Márcio Avellar, pela força nos estudos de final de semana para o exame de qualificação. Além disso, agradeço novamente ao Oscar pela co-autoria do IAGTESE, template para $\text{\LaTeX}$ que foi utilizado para redigir esta tese e muitas outras dissertações e teses no IAG; Rodrigo Holanda, Gleidson Gomes da Silva, Marcus Vinicius, Raimundo Lopes, Rafael Kimura, Rafael Santucci, Alan Alves do Carmo, Douglas Augusto de Barros, José Fernando de Jesus, Gustavo Rocha, Rodrigo Vieira e Victor Hugo,

companheiros de bandejão e frequentadores eventuais do cafézinho da F-312. Não poderia deixar de agradecer também aos colegas da graduação em física (Monstros) e aos meus amigos desde sempre: Bola, Capixaba, HT e Montanha;

Aos Professores: Dra. Beatriz Barbuy pela relatoria deste trabalho, Dr. Jacques Lépine por ministrar a disciplina Estrutura da Galáxia, Dra. Cláudia Mendes de Oliveira e Dra. Sandra dos Anjos pela orientação no estágio supervisionado em ensino do PAE;

Às “meninas” da secretaria (Marina, Regina, Cida e Conceição), ao pessoal da informática (Marco, Luís, Ulisses e Patrícia), à Irene (que sempre manteve a sala impecável) e a todo o pessoal da limpeza, segurança e administração do IAG, que sempre proporcionaram um ambiente favorável para fazer pesquisa;

À Ana, ao Celso e à Camila, que sempre me recebem muito bem em sua casa e me fazem sentir como parte da família;

À FAPESP, pelo apoio financeiro, sob o projeto nº: 2007/04356-3;

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), MSU (Michigan State University), JINA (Joint Institute for Nuclear Astrophysics), Universität Heidelberg, IIA (Indian Institute of Astrophysics) e IAU (International Astronomical Union), pelo apoio financeiro em estágios e conferências;

À corrida, que me faz acordar todos os dias às 5h da manhã, me traz saúde, disposição e com certeza me ajudou a vencer a maratona da pós-graduação.

*“O teu começo vem de muito longe.
O teu fim termina no teu começo.
Contempla-te em redor.
Compara.
Tudo é o mesmo.
Tudo é sem mudança.
Só as cores e as linhas mudaram.
Que importa as cores, para o Senhor da Luz?
Dentro das cores a luz é a mesma.
Que importa as linhas, para o Senhor do Ritmo?
Dentro das linhas o ritmo é igual.
Os outros vêem com os olhos ensombrados.
Que o mundo perturbou,
Com as novas formas.
Com as novas tintas.
Tu verás com os teus olhos.
Em Sabedoria.
E verás muito além.”*

Cecília Meireles - Cântico XXI

“If you are not prepared to be wrong, you will never come up with anything original.”

Ken Robinson

Resumo

O principal objetivo deste trabalho é mostrar que é possível buscar por estrelas pobres em metais a partir da premissa de que uma grande fração destas será rica em carbono. Essa hipótese ainda não havia sido verificada pois muitas das chamadas estrelas CEMP (*Carbon Enhanced Metal-Poor*) foram negligenciadas em estudos anteriores devido à forma como foram executadas as buscas por estas estrelas. Estes objetos são importantes pois assumem o papel de registros fósseis das primeiras gerações estelares, uma vez que retêm em suas atmosferas informações vitais acerca da composição química do meio em que foram geradas. Por não apresentarem bandas moleculares intensas de carbono em seus espectros, muitas dessas estrelas não foram selecionadas para estudos em média/alta resolução.

Este trabalho fornece, a partir do estudo da parte estelar do HES (*Hamburg/ESO Survey*), dois novos índices de linha para a região da banda G (4304 Å). Estes, pelo fato de possuírem uma largura de banda de 200 Å, conseguem superar falhas dos índices anteriormente definidos e representam com fidelidade as principais características desta região.

Após uma análise detalhada da base de dados, e do cálculo dos novos índices de linha para todos os objetos disponíveis, foram identificadas 132 novas estrelas pobres em metais, sendo que 51% destas possuem metalicidades abaixo de $[\text{Fe}/\text{H}] < -1.0$ e apresentam consideráveis enriquecimentos em carbono ($[\text{C}/\text{Fe}] > +0.5$). Já para as estrelas encontradas com $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.5$, a fração de estrelas com abundâncias de carbono $[\text{C}/\text{Fe}] > +1.0$ chega a 80%. Estimativas de abundâncias de elementos químicos tais como bário e estrôncio revelam que, mesmo com parâmetros atmosféricos e abundâncias de carbono semelhantes, as estrelas analisadas por este trabalho possuem mais de um tipo de cenário possível para sua formação. Finalmente, este trabalho contribui também com uma lista de 6123 candidatas a estrelas CEMP inéditas na literatura.

Abstract

The main goal of this work is to show that is possible to search for metal-poor stars based on the premise that a large fraction of these will be carbon-rich. This hypothesis had not yet been verified because many of the so-called CEMP (*Carbon Enhanced Metal-Poor*) stars were neglected in previous studies due to the design of the search for metal-poor stars with carbon enhancements. Those objects play a major role as fossil records of the very first generation of stars, since they carry in their atmospheres vital informations concerning the chemical composition of the medium where they were formed. By not showing strong carbon molecular bands in their spectra, many of those stars were not selected for follow-up studies in medium/high resolution.

This work provides, based on the study of the stellar part of the HES (*Hamburg/ESO Survey*), two new line indices for the G band (4304 Å) that, by having a line band of 200 Å, can overcome the flaws of the previously defined indices and also truly represent the main features of this region.

After an extensive analysis of the database and the calculation of the line indices for all the available objects, 132 new metal-poor stars were identified with the SOAR telescope, being that 51% of those stars with $[\text{Fe}/\text{H}] < -1.0$ present considerable carbon enhancements ($[\text{C}/\text{Fe}] > +0.5$). For the observed stars with $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.5$, the fraction of objects with $[\text{C}/\text{Fe}] > +1.0$ rises up to 80%. Abundance estimates for barium and strontium show that, even with similar atmospheric parameters and carbon abundances, the stars analyzed in this work have more than one possible formation scenario. Finally, this work also contributes with a 6123 CEMP star candidate list of unpublished objects.

Lista de Figuras

1.1	Comportamento da linha K do Ca II em função da metalicidade.	28
1.2	Painel superior: (1) <i>surveys</i> de grande abertura (p. ex., HK, HES) que fornecem as estrelas candidatas a pobres em metais. Painel central: (2) seleção das candidatas via <i>follow-up</i> de espectroscopia em média resolução. Painel inferior: (3) espectroscopia em alta resolução das candidatas confirmadas como estrelas pobres em metais. Figura adaptada de Christlieb (2003). . .	30
1.3	Diferentes graus de enriquecimento em carbono.	33
1.4	Comportamento das abundâncias de carbono e bário em função da metalicidade para as estrelas do HERES. Figura adaptada de Placco (2007). . . .	34
2.1	Exemplo de cálculo de GPHERS. O valor do índice é dado pela área em verde, delimitada pelo ajuste linear entre os valores centrais das bandas laterais. Também é mostrada a linha K do Ca II. O eixo de comprimento de onda está colocado partindo do vermelho para o azul, como apresentado nos espectros originais do HES.	45
2.2	Exemplo da nova definição do índice para a banda G do CH. A linha preta cheia mostra o ajuste de contínuo aplicado às estrelas neste trabalho. Também é mostrada a comparação entre o índice GPHERS (área em verde) e o novo índice GPE (área em vermelho). As setas representam os valores centrais das bandas laterais utilizadas para o ajuste do contínuo de GPHERS. Também é mostrada a linha K do Ca II. O eixo de comprimento de onda está colocado partindo do vermelho para o azul, como apresentado nos espectros originais do HES.	47

2.3	Definição do índice EGP. A área delimitada em vermelho representa a banda lateral e a área em verde representa a banda da linha. Também é mostrada a linha K do Ca II. O eixo de comprimento de onda está colocado partindo do vermelho para o azul, como apresentado nos espectros originais do HES.	49
2.4	Comportamento da abundância de carbono dos objetos da base de dados SAGA em função dos índices de linha GPE e EGP.	50
2.5	Comportamento da abundância de carbono dos objetos da base de dados SAGA em função da metalicidade para dois intervalos do índice GPE. . . .	51
3.1	Painel superior: Placa digitalizada do <i>Digitized Sky Survey I</i> . Painel inferior: Placa de prisma-objetivo digitalizada do HES referente ao mesmo campo do painel superior.	54
3.2	Painel esquerdo: Comparação entre o volume do céu observado pelos dois <i>surveys</i> . Painel direito: área de cobertura do HES (áreas delimitadas) em comparação com os locais onde se encontram as candidatas a estrelas pobres em metais descobertas pelo <i>survey</i> HK. Figura retirada de Christlieb (2003) .	55
3.3	Distribuição dos índices de linha e cor para a subamostra de teste do HES.	58
3.4	Comportamento do índice KPHEs em função dos parâmetros calculados pelas equações 3.1 e 3.2. O tamanho dos pontos é proporcional ao valor do índice GPHEs.	59
3.5	Distribuição dos novos índices de linha.	62
3.6	Distribuição dos novos índices de linha em função do índice de cor $(J-K)_0$.	63
4.1	Distribuição do índice GPE em função de $(J-K)_0$, para as 85894 candidatas (pontos cinzas) e estrelas de Aoki et al. (2007) (círculos pretos). A linha sólida horizontal mostra o limite para GPE.	68
4.2	Comparação entre o índice GPHEs previamente calculado para as estrelas do HES e o novo índice GPE. Os círculos pretos em destaque são as estrelas de Aoki et al. (2007)	69

4.3	Painel superior: seção da placa fotográfica do DSS-I, centralizada no objeto de interesse. Painel central: placa de prisma objetivo digitalizada do HES. Painel inferior: espectro extraído da estrela de interesse. As linhas verticais identificam as linhas H e K do Ca II (próximas a 4000 Å) e a região da banda G (próxima a 4300 Å).	70
4.4	Exemplos de objetos que caracterizam as classes descritas na Tabela 4.2. .	72
4.5	Diagrama índice-cor para as estrelas que foram submetidas à inspeção visual, divididas de acordo com as classes definidas na Tabela 4.3. As estrelas presentes em Aoki et al. (2007) estão representadas pelos símbolos em verde.	74
4.6	Paineis superiores: Ajustes polinomiais para valores constantes de metalicidade, baseados em Christlieb et al. (2008). Paineis inferiores: Critério de seleção para eliminar estrelas com a linha K do Ca II intensa (<i>mpcc</i>). Os pontos pretos representam as estrelas onde a linha K do Ca II encontra-se ausente (<i>mpca</i>), fraca (<i>mpcb</i>) ou não encontrada (<i>unid</i>). Os pontos cinzas representam as estrelas <i>mpcc</i> , e são selecionadas aquelas que se encontram abaixo da linha $[Fe/H] \leq -2.0$ para ao menos um dos índices de cor.	76
4.7	Exemplo de candidatas à estrelas CEMP observadas segundo o novo critério de índice de linha. Os espectros foram tomados com o espectrógrafo <i>Goodman</i> no telescópio SOAR.	81
4.8	Exemplo do procedimento adotado pelo SSPP para o cálculo dos parâmetros atmosféricos para 5 das 132 candidatas a estrelas CEMP. Da esquerda para a direita são exibidos: o espectro original, a região das linha do Ca II, com os ajustes por síntese espectral e os espectros com o contínuo subtraído. . .	87
4.9	Distribuição de T_{eff} e $\log g$ para as 132 candidatas observadas com o SOAR.	88
4.10	Distribuição de metalicidades para as 132 candidatas observadas com o SOAR. As setas indicam os locais dos picos em $[Fe/H]$ para a distribuição observada, que encontram-se próximos àqueles associados pelo trabalho de Carollo et al. (2007) às populações do halo externo (OH; $[Fe/H] = -2.2$), halo interno (IH; $[Fe/H] = -1.6$), disco espesso pobre em metal (MWTD; $[Fe/H] = -1.3$) e disco espesso canônico (TD; $[Fe/H] = -0.6$).	89

4.11	Comportamento da metalicidade em função do índice GPE para as candidatas observadas e para as estrelas CEMP de Aoki et al. (2007)	90
4.12	Determinação da abundância de carbono para uma das estrelas da sub-amostra. O painel superior mostra parte do espectro original (em preto) sobreposto por um espectro sintético (em vermelho) com os parâmetros atmosféricos listados e $[C/Fe]=0.0$. O painel central mostra a região ao redor da banda G, com uma linha vermelha mostrando o melhor ajuste. A linha verde representa a divisão entre o espectro original e o espectro sintético, que deve apresentar valores próximos de 1.0 para um ajuste considerado satisfatório. O painel inferior mostra o resultado do melhor ajuste com o valor listado de $[C/H]$	91
4.13	Comportamento da metalicidade com a abundância de carbono $[C/Fe]$ para as candidatas observadas e para as estrelas presentes em Aoki et al. (2007) . As flechas representam os limites superiores. As linhas pontilhadas mostram valores constantes de $[C/Fe]$ (0.0, +0.5 e +1.0).	92
4.14	Exemplo de identificação das linhas de Sr (4077 Å) e Ba (4554 Å).	94
4.15	Comportamento das abundâncias estimadas dos elementos Ba e Sr em função da metalicidade. As linhas pontilhadas mostram valores constantes das abundâncias (0.0 e +1.0).	95
4.16	Distribuição das abundâncias de carbono em relação ao bário. O tamanho dos pontos indica a escala de metalicidade. As áreas delimitadas representam as definições das classes de estrelas CEMP presentes na Tabela 1.2. As linhas pontilhadas mostram valores constantes de $[C/Fe]$ (0.0, +0.5 e +1.0).	96
4.17	Critério de seleção para estrelas ricas em carbono no plano dos índices C_2 e CN. As linhas tracejadas delimitam a área de ocorrência das estrelas ricas em carbono segundo Christlieb et al. (2001)	98
4.18	Estrela EMP HE 1045+0226 observada neste trabalho. Em destaque estão a linha K do Ca II e a banda G do CH.	99
4.19	Estrelas CEMP inéditas na literatura observadas com o SOAR.	100

5.1	Painel superior: exemplo de fonte brilhante saturada. Painel inferior: exemplo de espectro não saturado. Note a diferença na ordem de grandeza no eixo y , que representa as contagens.	107
5.2	Distribuição dos índices de linha GPE e EGP para os objetos da segunda subamostra, divididos por tipo de fonte. A escala do eixo y é dada em frequência relativa, para facilitar a visualização.	108
5.3	Comportamento da magnitude B em função da magnitude interna <i>spcmag</i>	109
5.4	Histogramas normalizados para correção do índice GPE, divididos em intervalos de <i>spcmag</i>	111
5.5	Histogramas normalizados para correção do índice EGP, divididos em intervalos de <i>spcmag</i>	112
5.6	Ajustes polinomiais para as correções de saturação dos índices de linha.	114
5.7	Distribuição dos índices de linha corrigidos da segunda subamostra.	116
5.8	Comportamento do índice GPE em função de $(J-K)_0$ para os dados da segunda subamostra, separados em dois intervalos de EGP. Os círculos pretos mostram os dados de Aoki et al. (2007)	117
5.9	Distribuição dos índices de linha GPE e EGP para os dados da segunda subamostra. As linhas pretas mostram os limites definidos para a inspeção visual das candidatas a estrelas CEMP. Os círculos pretos mostram os dados de Aoki et al. (2007)	118
5.10	Comportamento dos índices de linha para os objetos inspecionados da segunda subamostra, divididos de acordo com as classes da Tabela 4.3.	120
5.11	Comportamento do índice GPE em função da cor $(J-K)_0$. Os símbolos utilizados são os mesmos exibidos na Figura 5.10.	121
5.12	Candidatas selecionadas por inspeção visual da segunda subamostra do HES. Os painéis superiores mostram estrelas com bandas moleculares de carbono intensas (<i>fhlc</i>). Nos painéis centrais e inferiores estão exibidas, respectivamente, estrelas com a linha K do Ca II fraca (<i>mpca</i>) e intensa (<i>mpcc</i>). Também estão identificadas as principais linhas características de cada espectro.	124
A.1	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (1).	151

A.2	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (2).	152
A.3	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (3).	153
A.4	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (4).	154
A.5	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (5).	155
A.6	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (6).	156
A.7	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (7).	157
A.8	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (8).	158
A.9	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (9).	159
A.10	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (10).	160
A.11	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (11).	161
A.12	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (12).	162
A.13	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (13).	163
A.14	Espectros das estrelas observadas com o SOAR (14).	164
B.1	Fluxograma de cálculo dos índices GPE e EGP	165

Lista de Tabelas

1.1	Nomenclatura para metalicidade (Beers e Christlieb, 2005).	29
1.2	Classificação de estrelas pobres em metais enriquecidas em carbono.	35
2.1	Definições dos principais índices de linha da banda G do CH encontrados na literatura. Os valores são mostrados em Å.	44
4.1	Parâmetros das estrelas CEMP de Aoki et al. (2007) utilizados neste trabalho.	66
4.2	Descrição das classes utilizadas na inspeção visual.	71
4.3	Distribuição das candidatas selecionadas via inspeção visual.	71
4.4	Parâmetros estelares e índices de linha (Å) para as candidatas observadas.	78
4.4	Parâmetros estelares e índices de linha (Å) para as candidatas observadas.	79
4.4	Parâmetros estelares e índices de linha (Å) para as candidatas observadas.	80
4.4	Parâmetros estelares e índices de linha (Å) para as candidatas observadas.	81
4.5	Parâmetros atmosféricos e [C/Fe] para as candidatas observadas.	83
4.5	Parâmetros atmosféricos e [C/Fe] para as candidatas observadas.	84
4.5	Parâmetros atmosféricos e [C/Fe] para as candidatas observadas.	85
4.5	Parâmetros atmosféricos e [C/Fe] para as candidatas observadas.	86
4.6	CrITÉrios de seleção para estrelas ricas em carbono (Christlieb et al., 2001).	98
5.1	Parâmetros adotados para as correções de saturação.	113
5.2	Distribuição das candidatas selecionadas via inspeção visual.	119
5.3	Comparação dos resultados das inspeções visuais.	123
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	176
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	177

C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	178
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	179
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	180
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	181
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	182
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	183
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	184
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	185
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	186
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	187
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	188
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	189
C.1	Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.	190

Sumário

1. Introdução	23
1.1 Cenário Atual	24
1.2 Busca por Estrelas Pobres em Metais	27
1.3 Estrelas Pobres em Metais Enriquecidas em Carbono	31
1.4 Objetivos	39
2. Novos Índices de Linha para a Banda G do CH	43
2.1 Por que procurar novos Índices para o Carbono?	44
2.2 GPE – Ajuste de Contínuo	46
2.3 EGP – Razão entre Fluxos	48
2.4 Teste com a Base de Dados SAGA	50
3. Base de Dados	53
3.1 O Hamburg/ESO Survey	53
3.2 Caracterização da Amostra	56
3.2.1 Análise Exploratória	56
3.2.2 Cálculo dos Índices GPE e EGP para as Estrelas do HES	60
4. Primeira Subamostra	65
4.1 Seleção de Candidatas a Estrelas CEMP	65
4.1.1 Restrições à Base de Dados	67
4.1.2 Inspeção Visual	69
4.1.3 Seleção no Plano Cor <i>vs.</i> Índice de Linha	74

4.2	Validação das Candidatas a Estrelas CEMP	76
4.2.1	Observações Espectroscópicas em Média Resolução	77
4.2.2	Parâmetros Atmosféricos e Abundâncias de Carbono	82
4.3	Estimativas para Abundâncias de Ba e Sr	93
4.4	Discussão	96
5.	<i>Segunda Subamostra</i>	103
5.1	Restrições à Base de Dados	104
5.1.1	Estrelas – Source type: STARS	104
5.1.2	Fontes brilhantes – Source type: BRIGHT	105
5.1.3	Comportamento dos Índices de Linha	106
5.2	Correções de Saturação para Fontes Brilhantes	109
5.3	Critério de seleção baseado nos índices GPE e EGP	116
5.4	Inspeção Visual	119
5.5	Discussão	122
6.	<i>Conclusões</i>	127
6.1	Principais Resultados	127
6.2	Perspectivas	131
	<i>Referências</i>	133
	<i>Apêndice</i>	149
A.	<i>Estrelas Observadas com o SOAR</i>	151
B.	<i>Código Fonte para Cálculo dos Índices de Linha</i>	165
C.	<i>Objetos Inéditos Classificados por Inspeção Visual</i>	175

Introdução

Um dos grandes desafios da astrofísica moderna é compreender a origem dos elementos químicos. Para responder tal questão, deve-se explorar o laboratório mais espetacular providenciado pela natureza: as estrelas nascidas nos primórdios da história do Universo, e mais especificamente da Via Láctea. Estes objetos retêm em suas atmosferas informações acerca das abundâncias químicas ligadas diretamente aos eventos responsáveis pela formação dos primeiros elementos.

Durante a última metade do século passado, astrônomos prosseguiram metodicamente desde o reconhecimento inicial de estrelas com metalicidades significativamente menores que o Sol ([Chamberlain e Aller, 1951](#)), até chegarem a reunir amostras compostas por milhares de estrelas com metalicidades inferiores a 1% da abundância solar. O *survey* HK de Beers e colaboradores ([Beers et al., 1985, 1992](#)), por exemplo, identificou ~ 1000 estrelas com $[\text{Fe}/\text{H}]^1 < -2.0$, ~ 100 com $[\text{Fe}/\text{H}] < -3.0$ além de alguns objetos com abundâncias $[\text{Fe}/\text{H}] \sim -4.0$, que na época acreditava-se ser o limite de deficiência em metais da Galáxia.

O sucesso do *survey* HK inspirou uma expansão da busca por estrelas de metalicidade extremamente baixa. Por exemplo, pode-se citar o HES (*Hamburg/ESO Survey* - [Reimers, 1990](#); [Christlieb, 2003](#); [Christlieb et al., 2008](#)), que fez crescer exponencialmente o número de estrelas com $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.0$, quando comparado ao número de estrelas identificadas anteriormente pelo *survey* HK. Além disso, durante esta nova campanha observacional, foram encontradas as estrelas mais deficientes em metais conhecidas até o momento: HE 0107-5240, com $[\text{Fe}/\text{H}] = -5.2$ ([Christlieb et al., 2002](#); [Bessell et al., 2004](#)), HE 1327-2326, com $[\text{Fe}/\text{H}] = -5.4$ ([Frebel et al., 2005](#)) e HE 0557-4840, com $[\text{Fe}/\text{H}] = -4.75$ ([Norris et al., 2007](#)).

¹ $[\text{A}/\text{B}] = \log(N_{\text{A}}/N_{\text{B}})_{\star} - \log(N_{\text{A}}/N_{\text{B}})_{\odot}$, onde N refere-se às abundâncias por número de átomos de um dado elemento e os índices referem-se à estrela ($\star$) e ao Sol ($\odot$)

1.1 Cenário Atual

Nos dias de hoje, sabe-se que estrelas com atmosferas cujas abundâncias metálicas são substancialmente menores que sua contrapartida solar fornecem subsídios fundamentais para estudos em física e astrofísica. Dentre os principais temas, pode-se destacar:

- A natureza do Big Bang: teorias de nucleossíntese do Big Bang (BBN - *Big Bang Nucleosynthesis*), aliadas à densidade de bárions obtida pelo WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* - [Dunkley et al., 2009](#)), predizem a abundância primordial do elemento químico lítio após os primeiros minutos da criação do Universo. No entanto, existem discrepâncias entre estes valores e aqueles inferidos através do estudo de estrelas pobres em metais (ver, por exemplo, [Asplund et al., 2006](#); [Aoki et al., 2009](#); [García Pérez et al., 2009](#)), o que sugere que diferentes abordagens, tanto em teorias de BBN quanto nos mecanismos que podem ocorrer no interior estelar ([Piau et al., 2006](#); [Meléndez et al., 2009](#); [Spite e Spite, 2010](#)), devem ser utilizadas.
- A origem das Primeiras Estrelas: modelos atuais e limites observacionais sugerem que a formação estelar teve início não mais que algumas dezenas de milhões de anos após o Big Bang (início da época da reionização - [Miralda-Escudé, 2003](#); [Raue et al., 2009](#)) e, muito provavelmente, foi responsável pela produção dos primeiros elementos mais pesados que o Li. O sítio dessa primeira produção de elementos químicos provavelmente está associado a explosões de estrelas de alta massa formadas em um ambiente pobre em metais ([Bromm e Larson, 2004](#)). Estes objetos de tempo de vida curto podem ter fornecido para o meio interestelar as primeiras sementes de elementos pesados, o que influencia fortemente a história da evolução química da Via Láctea ([Ballero et al., 2006](#)) assim como a formação das gerações estelares subsequentes.
- A primeira função de massa (*First Mass Function* - FMF): a distribuição de massas com a qual as estrelas se formaram durante a história do Universo é um parâmetro de fundamental importância para modelos de evolução de galáxias. Embora a função de massa inicial (*Initial Mass Function* - IMF) observada hoje pareça ser bem descrita por leis de potência ([Salpeter, 1955](#); [Miller e Scalo, 1979](#); [Scalo, 1998](#)), é muito provável que ela seja muito diferente da FMF, associada com as primeiras formações estelares no Universo. Dadas as características dos objetos extremamente pobres em

metais, sugere-se que a FMF para metalicidades próximas de zero fosse inclinada à formação de objetos de alta massa (de População III - [Tumlinson, 2007](#)). Estudos detalhados de padrões de abundâncias elementais em estrelas de baixa metalicidade (ver, por exemplo, os trabalhos de [Barklem et al., 2005](#); [Jonsell et al., 2006](#); [Placco, 2007](#); [Bonifacio et al., 2009](#); [Roederer et al., 2009](#)) constituem uma das várias metodologias pelas quais pode-se inferir os principais parâmetros da FMF.

- O comportamento da função de distribuição de metalicidades (*Metallicity Distribution Function* - MDF) do halo Galáctico: amostras de estrelas pobres em metais como a dos recém compilados SEGUE 1 e 2 (*Sloan Extension for Galactic Exploration and Understanding* - [Yanny et al., 2009](#)), que são *surveys* complementares do SDSS (*Sloan Digital Sky Survey* - [York et al., 2000](#)), tornaram possível confrontar a distribuição observada de metalicidades com modelos detalhados de evolução química galáctica (como, por exemplo, o modelo de duplo *infall* proposto por [Chiappini et al., 1997](#)). Além disso, a partir da análise da MDF em função de grandezas cinemáticas e dinâmicas, é possível inferir a presença de uma variedade de componentes estruturais na Galáxia ([Carollo et al., 2007](#)), como o halo interno e o halo externo. Esses componentes exibem perfis de densidades espaciais, órbitas estelares e metalicidades distintos, que corroboram com a hipótese de que tais estruturas possuem diferentes histórias de formação ([Beers, 2009](#)) e devem ser construídos separadamente em um modelo de evolução para a Via Láctea.
- Predições de produção de elementos químicos por explosões de supernovas: o padrão de abundâncias químicas formado em uma explosão de supernova fornece parâmetros de entrada essenciais para modelos teóricos computacionais de evolução estelar ([Nomoto et al., 2006](#)). A partir do estudo dessas abundâncias em estrelas pobres em metais (que, presumivelmente, não sofreram poluição de gerações estelares posteriores), é possível restringir o intervalo de massas das estrelas progenitoras das supernovas ([Qian e Wasserburg, 2003](#)), bem como associar tais objetos aos seus prováveis sítios de formação, e assim inferir características importantes tanto da população estelar que deu origem a essas estrelas pobres em metais quanto da evolução química da Galáxia ([Wanajo e Ishimaru, 2006](#)).

- Os locais de produção de elementos formados por captura de nêutrons: elementos além do pico do Fe ($A \sim 60$) são formados principalmente por captura de nêutrons (processo-s e processo-r - ver [Burbidge et al., 1957](#), para uma descrição detalhada destes processos) em vários sítios astrofísicos. Modelos do processo-s (por exemplo [Kappeler et al., 1989](#)), no qual as escalas de tempo para captura de nêutrons por sementes do pico do Fe são maiores que o tempo requerido para o decaimento beta, podem ser comparados com abundâncias observadas em estrelas pobres em metais com massas entre 1.0 e 4.0 $M_{\odot}$ ([Herwig, 2005](#)), quando estas se encontram no ramo assintótico das gigantes (AGB - *Asymptotic Giant Branch*). Nesta fase ocorrem sucessivos pulsos térmicos e episódios de mistura de material da superfície com as camadas mais internas da estrela, fazendo com que os elementos formados pelo processo-s possam ser detectados. Da mesma forma, a compreensão da natureza do processo-r, onde as capturas de nêutrons ocorrem mais rapidamente que o decaimento beta, pode ser testada pelo confronto das previsões dos modelos ([Qian, 2005](#)) com as abundâncias de elementos pesados observadas em estrelas muito pobres em metais (por exemplo [Depagne et al., 2002](#); [Sivarani et al., 2006](#); [Cowan et al., 2008](#)).
- Estudo das origens dos elementos carbono, nitrogênio e oxigênio: as sequências de reações químicas básicas para a formação de C, N e O são bem compreendidas atualmente. Entretanto, os locais astrofísicos onde essas reações ocorrem e quais dominaram durante a história do Universo são objetos de estudo, uma vez que a presença de elementos como C e O aumenta significativamente com a diminuição da metalicidade ([Rossi et al., 1999](#)) em estrelas de baixa massa. Somente certos ambientes astrofísicos alcançam temperaturas e pressões suficientes para que tais reações aconteçam. Aparentemente, uma série de cenários pode contribuir, desde sistemas binários formados por estrelas de massas baixas e intermediárias ([Herwig, 2004](#)), até possíveis mecanismos de produção intrínsecos ainda não descobertos. De qualquer forma, alguns cenários propostos são mais eficientes que outros, e operam em diferentes épocas. Diante disso, restam as estrelas de baixa massa com longos tempos de vida, que são registros fósseis da formação dos primeiros elementos químicos ([Salvadori et al., 2007](#)), por serem formadas a partir de um gás poluído pela explosão de estrelas de alta massa e preservarem o resultado da nucleossíntese em suas atmosferas.

1.2 Busca por Estrelas Pobres em Metais

Como visto acima, informações sobre o período de transição de uma IMF que forma uma maior quantidade de estrelas primordiais de alta massa para uma que forme as primeiras estrelas pobres em metais de baixa massa é de vital importância para o entendimento dos processos de formação das primeiras galáxias e da Via Láctea. Infelizmente, a população de estrelas pobres em metais conhecida ainda não é grande o bastante para determinar empiricamente a metalicidade crítica das primeiras estrelas de baixa massa (Tumlinson, 2006, 2007; Salvadori et al., 2007). Dessa forma, deve-se continuar a busca iniciada nos *surveys* HK, HES e SDSS por estrelas pobres em metais.

Uma das claras evidências que corrobora com a busca pelo maior número possível de estrelas pobres em metais é a existência de um hiato entre $-5.0 \leq [\text{Fe}/\text{H}] \leq -4.0$. Segundo alguns autores (Shigeyama et al., 2003; Karlsson, 2006), esta ausência de objetos poderia ser resultado de um processo astrofísico ainda não compreendido que operaria nessa faixa de enriquecimento em metais. Porém, com a descoberta de HE 0557-4840 ($[\text{Fe}/\text{H}] = -4.75$ - Norris et al., 2007), que apresenta comportamento semelhante às estrelas com $[\text{Fe}/\text{H}] < -5.0$, essa hipótese foi descartada. Todavia, antes da execução de tais *surveys* para a busca desses objetos, fez-se necessário o desenvolvimento de um método de identificação de estrelas candidatas a pobres em metais a partir de espectros em baixa resolução. Para tanto, foi utilizada a intensidade de uma linha espectral específica encontrada nesses espectros, e que tem uma relação diretamente proporcional com a quantidade de metais na estrela: a linha K do Ca II, em 3933 Å (Beers et al., 1985). A Figura 1.1 mostra o comportamento desta linha em função da metalicidade para três estrelas pobres em metais observadas pelo HES, onde é possível notar o efeito mencionado acima.

Assim, utilizando a linha K do Ca II como indicador de metalicidade, o trabalho pioneiro de Beers et al. (1985) identificou 134 estrelas candidatas a pobres em metais. A esta lista foram adicionadas mais 1044 objetos através do trabalho posterior de Beers et al. (1992). Com o crescente número de objetos observados, fez-se necessário o desenvolvimento de uma série de índices de linha (KP - Beers et al., 1999) para obter estimativas de $[\text{Fe}/\text{H}]$ em baixa resolução. No entanto, dadas as características evolutivas dos objetos (desde estrelas anãs até gigantes), foi inserida uma dependência da metalicidade com a temperatura, através de índices de cor (mais detalhes em Beers et al., 1999; Rossi et al., 2005, e Seção 3.2.1 desta

Figura 1.1: Comportamento da linha K do Ca II em função da metalicidade.

tese). Mais recentemente, com o intuito de facilitar e uniformizar a classificação de estrelas pobres em metais, [Beers e Christlieb \(2005\)](#) propuseram uma nomenclatura baseada na metalicidade, listada na Tabela 1.1.

Uma vez observadas em baixa resolução, é necessário realizar procedimentos adicionais para confirmar o *status* “pobre em metais” e classificar os objetos de acordo com a taxonomia da Tabela 1.1, bem como obter abundâncias elementais de outros elementos de interesse, como por exemplo, carbono, lítio e elementos formados por captura de nêutrons.

Geralmente, o processo envolve três passos observacionais (ver Figura 1.2): (1) um *survey* de grande abertura (chamado de *wide-angle survey*) deve ser levado a cabo e as estrelas candidatas a pobres em metais devem ser selecionadas (utilizando, por exemplo, os métodos citados acima); (2) observações espectroscópicas subsequentes (chamadas observações de *follow-up*) em resolução moderada das candidatas são necessárias para validar as estrelas pobres em metais genuínas entre elas (por exemplo, [Placco et al., 2010a](#)); (3) espectroscopia de alta resolução das candidatas mais interessantes encontradas no passo (2) (por exemplo, [Frebel et al., 2007](#)).

Tabela 1.1 - Nomenclatura para metalicidade (Beers e Christlieb, 2005).

[Fe/H]	Classificação	Termo Original	Sigla
~ 0.0	Abundância Solar	Solar	–
< -1.0	Pobre em Metais	Metal-Poor	MP
< -2.0	Muito Pobre em Metais	Very Metal-Poor	VMP
< -3.0	Extremamente Pobre em Metais	Extremely Metal-Poor	EMP
< -4.0	Ultra Pobre em Metais	Ultra Metal-Poor	UMP
< -5.0	Hiper Pobre em Metais	Hyper Metal-Poor	HMP
< -6.0	Mega Pobre em Metais	Mega Metal-Poor	MMP

O passo (1) pode ser obtido de diferentes maneiras. Por exemplo, (a) com *surveys* colorimétricos : Du et al. (2004) descrevem o uso de um sistema de filtros com 15 bandas intermediárias (sistema BATC) para obtenção aproximada de metalicidades para uma amostra de anãs num raio de 5 kpc do plano galáctico; o SDSS gerou o maior catálogo de fotometria bem calibrada para estrelas da Galáxia utilizando o sistema *ugriz* (ver, por exemplo, Ivezić et al., 2004); (b) *surveys* de movimentos próprios: catálogo STARNET (Röser, 1996), catálogo SuperCOSMOS (Hambly et al., 2001), o *survey Northern Proper Motion Survey* (Hanson et al., 2004), o *Southern Proper Motion Survey* (Girard et al., 2004) e o catálogo Astrográfico *US Naval Observatory CCD* (Zacharias et al., 2004). Entretanto, os *surveys* espectroscópicos (*survey* HK e HES) são muito mais eficientes para se descobrir grandes amostras de estrelas genuinamente pobres em metais entre as candidatas selecionadas. Eles ainda têm a vantagem adicional de que as amostras são obtidas sem viés cinemático, o que não é o caso das amostras selecionadas através dos movimentos próprios.

A partir do esforço observacional obtido até o momento, a era dos grandes *surveys* para estrelas da Galáxia deu um salto considerável desde o início desta década, e ainda está em curso. Um dos investimentos mais ambiciosos dos últimos anos foi o SDSS, com medidas astrométricas precisas obtidas para todas as estrelas detectadas (e não saturadas), que foram comparadas com *scans* de placas fotográficas de gerações anteriores de observações feitas entre os anos de 1950 e 1990 (Munn et al., 2004). Além disso, a partir de suas extensões SDSS-II, SEGUE-1, SEGUE-2 (mencionadas anteriormente) e o RAVE (*RA*dial *Ve*locity *Ex*periment - Zwitter et al., 2008; Fulbright et al., 2010), o número de estrelas

Figura 1.2: Painel superior: (1) *surveys* de grande abertura (p. ex., HK, HES) que fornecem as estrelas candidatas a pobres em metais. Painel central: (2) seleção das candidatas via *follow-up* de espectroscopia em média resolução. Painel inferior: (3) espectroscopia em alta resolução das candidatas confirmadas como estrelas pobres em metais. Figura adaptada de Christlieb (2003).

com informações espectroscópicas detalhadas passará de um milhão de objetos, com o objetivo principal de amostrar todas as populações estelares presentes na Galáxia. Este número é (para estrelas VMP e EMP) no mínimo uma ordem de grandeza maior que aquele fornecido pela combinação dos *surveys* HK e HES (Beers, 2009). Com a publicação do DR7 (*Data Release 7* - Abazajian et al., 2009) do SDSS, aumentou-se consideravelmente a estatística para estrelas pobres em metais, que contribuiu significativamente para o estudo dos diversos componentes estelares da Via Láctea (Carollo et al., 2010).

1.3 Estrelas Pobres em Metais Enriquecidas em Carbono

A recente explosão de informações provenientes de estudos espectroscópicos em alta resolução de estrelas pobres em metais na Galáxia está remodelando a compreensão da natureza dos processos nucleossintéticos que ocorreram durante as primeiras gerações estelares. Um dos aspectos mais interessantes inserido neste contexto são as observações detalhadas de *follow-up* de estrelas que exibem grandes sobreabundâncias de carbono ($+0.5 < [C/Fe] < +4.0$), comum entre estrelas pobres em metais (Beers e Christlieb, 2005).

Recentemente foi constatado que uma grande fração, em torno de 20%, das estrelas com metalicidades $[Fe/H] < -2.0$ exibem consideráveis enriquecimentos em carbono ($[C/Fe] > +1.0$; Lucatello et al., 2006). A fração destas estrelas, também chamadas de CEMP (*Carbon Enhanced Metal-Poor*), aumenta para 30% se $[Fe/H] < -3.0$, 40% para $[Fe/H] < -3.5$ e 100% para $[Fe/H] < -4.0$ (ver, por exemplo, Christlieb et al., 2002; Frebel et al., 2005; Norris et al., 2007). No entanto, também existem estudos mais recentes (e.g. Cohen et al., 2005; Frebel et al., 2006) que reivindicam que esta fração (especificamente para $[Fe/H] < -2.0$) é, de fato, ainda menor (9% e 14%, respectivamente). Este impasse é uma das motivações principais para se obter determinações confiáveis, tanto de metalicidade quanto de abundâncias de carbono, para um grande número de estrelas. Ademais, a identificação de estrelas CEMP (em particular as mais brilhantes), tem um papel fundamental em trabalhos teóricos sobre o assunto (Herwig, 2004; Campbell e Lattanzio, 2008; Lau et al., 2009). Ao fornecer suporte às observações espectroscópicas em alta resolução, necessárias para determinação dos padrões de abundâncias de outros elementos (por exemplo aqueles formados por processo-s e processo-r - Barklem et al., 2005), pode-se testar sítios astrofísicos possivelmente associados com a produção de carbono.

A maioria das estrelas CEMP conhecidas até o presente foram originalmente identificadas como candidatas a pobres em metais através de *surveys* de prisma objetivo², tais como o *survey* HK (Beers et al., 1985, 1992) e o HES (Christlieb, 2003; Christlieb et al., 2008). Ambos os *surveys* basearam-se na intensidade e presença (ou ausência) das linhas de Ca II em espectros de baixa resolução. Nos últimos anos (Goswami et al., 2006; Martell, 2007), espectroscopia em média resolução para a maioria desses objetos tem sido obtida. A inspeção destes dados observacionais indicam que ao menos 50% desses alvos são consistentes com a identificação de estrelas CEMP, enquanto o restante é composto, em sua maioria, por estrelas ricas em carbono de metalicidade solar.

No entanto, estas amostras de estrelas ricas em carbono foram selecionadas com base na *soma* de linhas moleculares de carbono, tais como CN, C₂, e CH, que introduz um viés para estrelas com menores temperaturas. Estrelas CEMP com temperaturas efetivas acima de ~5500 K frequentemente exibem intensidade incomum apenas na região da banda G do CH (4300 Å), e muito provavelmente foram negligenciadas nas seleções anteriores. Uma vez que, até o momento, as estrelas CEMP foram descobertas através da seleção de estrelas pobres em metais, foi introduzido um viés em $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.5$ nas amostras de estrelas ricas em carbono; portanto, é mister ampliar o intervalo de metalicidades para tais objetos, afim de encontrar estrelas em uma faixa maior de valores.

A Figura 1.3 mostra parte dos espectros de três objetos do HES com abundâncias de carbono determinadas a partir de estudos em alta resolução. Para a estrela HE 0025-3355 (abundância de carbono solar), nota-se a presença de algumas linhas da série de Balmer do hidrogênio, e nenhuma linha intensa de carbono. Já a estrela HE 2204-4058, mesmo apresentando um índice de cor (B–V) baixo (o que indica alta temperatura), possui a banda G do CH proeminente, e uma abundância de carbono ~20 vezes maior do que a do Sol. Este é um exemplo claro de objeto que seria negligenciado em uma busca por estrelas ricas em carbono baseada, por exemplo, na intensidade das linhas moleculares de CN. Buscas como esta (ver, por exemplo, Christlieb et al., 2001), selecionam objetos similares à HE 2134-3940 (parte inferior da Figura 1.3), que é uma estrela de menor temperatura e que apresenta intensas bandas moleculares de carbono.

² A luz proveniente das estrelas observadas por esses *surveys* é espalhada por um prisma e posteriormente é coletada em uma placa fotográfica.

Figura 1.3: Diferentes graus de enriquecimento em carbono.

Para a maioria das estrelas CEMP existe uma clara correlação entre o enriquecimento em carbono e a presença de elementos formados por processo-s em sobreabundância, tal como o bário (estrelas CEMP-s - ver [Beers e Christlieb, 2005](#), e Tabela 1.2). Este comportamento é consistente com a hipótese de que estes enriquecimentos (tanto para o carbono quanto para os elementos do processo-s) ocorrem devido a processos nucleosintéticos em atividade durante o estágio evolutivo do ramo assintótico das gigantes (*asymptotic giant-branch* - AGB, ver [Herwig, 2005](#), para uma discussão detalhada), tanto pela estrela propriamente dita (o que deve ser raro, mas veja [Masseron et al., 2006](#), para possíveis cenários) como por uma companheira binária já extinta, que transferiu material para a componente observada do sistema binário ([Stancliffe e Glebbeek, 2008](#)).

No entanto, estudos recentes (por exemplo [Aoki et al., 2007](#)) mostraram que esta correlação entre enriquecimento em carbono e sobreabundância em elementos do processo-s não persiste mais (ou, pelo menos, é de natureza distinta) para estrelas com $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.7$, incluindo todas as estrelas mais pobres em metais observadas até o momento: HE 0107-5240 ($[\text{Fe}/\text{H}] = -5.3$), HE 1327-2326 ($[\text{Fe}/\text{H}] = -5.4$) e HE 0557-4840 ($[\text{Fe}/\text{H}] = -4.75$). Estes objetos são classificados como CEMP-no (o que indica a ausência do enriquecimento em

Figura 1.4: Comportamento das abundâncias de carbono e bário em função da metalicidade para as estrelas do HERES. Figura adaptada de [Placco \(2007\)](#).

elementos formados pelo processo-s - Tabela 1.2) e, juntamente com as demais classes propostas por [Beers e Christlieb \(2005\)](#), sugerem que uma série de mecanismos distintos para a produção de carbono deve ter tido seu papel no universo primordial.

A Figura 1.4 mostra o comportamento da abundância de carbono e bário ($[C/Fe]$, $[C/H]$ e $[Ba/Fe]$) em função da metalicidade, para as estrelas do HERES (*Hamburg ESO R-process Enhanced Star survey* - [Christlieb et al., 2004](#); [Barklem et al., 2005](#); [Jonsell et al., 2006](#); [Placco, 2007](#)). Para $[Fe/H] \gtrsim -2.7$, é possível distinguir de forma bastante clara dois regimes: estrelas ricas em carbono que possuem, em sua maioria, sobreabundâncias de bário ($[C/Fe] > 1.0$ e $[Ba/Fe] > 1.0$ – estrelas CEMP-s) e estrelas com abundâncias de carbono próximas do valor solar que não são enriquecidas em Ba. Essa divisão apoia as hipóteses levantadas por [Aoki et al. \(2007\)](#) e, além disso, o valor -2.7 para metalicidade também pode ser utilizado como limite para o início da operação do processo-s na Galáxia ([Sivarani et al., 2006](#)). A distribuição das abundâncias de C e Ba torna-se distinta para o regime com

$[\text{Fe}/\text{H}] < -2.7$. Nesta faixa de metalicidades pode-se observar alguns objetos condizentes com a definição de estrelas CEMP-no, comportamento semelhante ao das estrelas mais pobres em metais citadas anteriormente.

Além disso, devido ao viés de seleção em metalicidade mencionado acima, muitas das estrelas CEMP conhecidas até o momento podem estar associadas com a população do chamado halo externo, que exibe um pico na distribuição de metalicidade em $[\text{Fe}/\text{H}] \sim -2.2$ (Carollo et al., 2007). Demais estrelas CEMP provavelmente estão associadas com as populações do halo interno (com MDF centrada em $[\text{Fe}/\text{H}] \sim -1.6$) e do disco espesso pobre em metais ($[\text{Fe}/\text{H}] \sim -1.3$), cujas distribuições estendem-se até metalicidades mais elevadas. Dessa forma, é necessário aumentar o número de estrelas pertencentes a essas diversas populações, com o intuito de investigar possíveis diferenças em suas origens (por exemplo, Frebel et al., 2006; Tumlinson, 2007).

Tabela 1.2 - Classificação de estrelas pobres em metais enriquecidas em carbono.

Sigla	Critério de Classificação		
CEMP	$[\text{C}/\text{Fe}] > +1.0$		
CEMP-r	$[\text{C}/\text{Fe}] > +1.0$	e	$[\text{Eu}/\text{Fe}] > 0.0$
CEMP-s	$[\text{C}/\text{Fe}] > +1.0$ — $[\text{Ba}/\text{Fe}] > +1.0$	e	$[\text{Ba}/\text{Eu}] > +0.5$
CEMP-r/s	$[\text{C}/\text{Fe}] > +1.0$	e	$0.0 \leq [\text{Ba}/\text{Eu}] \leq +0.5$
CEMP-no	$[\text{C}/\text{Fe}] > +1.0$	e	$[\text{Ba}/\text{Fe}] < 0.0$

Entretanto, a visão desses primeiros períodos não está totalmente clara devido a uma série de “peculiaridades” nas abundâncias de elementos químicos observadas nas estrelas mais deficientes em metais. Entre as mais interessantes, podem-se destacar as observações que mostram um excesso de carbono ($+0.5 \leq [\text{C}/\text{Fe}] \leq +4.0$) em uma grande fração de estrelas pobres em metais. Para a maioria das estrelas enriquecidas em carbono estudadas até o momento, incluindo anãs e gigantes de População I, as chamadas estrelas de bário e as estrelas CH pobres em metais (até $[\text{Fe}/\text{H}] \sim -2.5$), existe uma clara correlação entre o enriquecimento em carbono e a presença de elementos formados por processo-s. Isso sugere que o enriquecimento e/ou produção desses elementos muito provavelmente ocorreu durante o presente (ou prévio) estágio evolutivo do ramo assintótico das gigantes, ou na própria estrela ou em sua companheira binária atualmente já extinta.

Porém, análises espectroscópicas de alta resolução de estrelas enriquecidas em carbono com $[\text{Fe}/\text{H}] \leq -2.5$ revelam (como citado anteriormente) que estrelas individuais apresentam diferenças em seus padrões de abundâncias que sugerem origens muito diferentes para as primeiras gerações de estrelas nascidas na Galáxia. Por exemplo, [Aoki et al. \(2007\)](#), em um estudo detalhado de 26 recém descobertas estrelas pobres em metais e enriquecidas em carbono (CEMP), mostraram que muitas das estrelas com $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.5$ não apresentam evidência de operação do processo-s. Além disso, as estrelas mais pobres em metais conhecidas até hoje, as hiper pobres em metais HE 0107-5240 ([Christlieb et al., 2002](#)) e HE 1327-2326 ([Frebel et al., 2005](#)), ambas com $[\text{Fe}/\text{H}] < -5.0$, também não exibem a presença de elementos formados por processo-s. Deve-se notar que essas estrelas exibem razões de abundância de carbono (tanto quanto de N e O) que variam de algumas centenas a muitos milhares de vezes as razões solares, um padrão compartilhado por algumas outras estrelas com $[\text{Fe}/\text{H}]$ extremamente baixa (por exemplo, CS 22949-037: [Depagne et al., 2002](#); [Norris et al., 2002](#)); (CS 29498-043: [Aoki et al., 2002](#)); (HE 0557-4840: [Norris et al., 2007](#)). [Beers e Christlieb \(2005\)](#) notaram que 5 em 12 estrelas ($\sim 40\%$) com $[\text{Fe}/\text{H}] < -3.5$, para as quais existe análise publicada de abundâncias baseada em espectroscopia de alta resolução, exibem $[\text{C}/\text{Fe}] > +1.0$.

O carbono é um dos elementos mais comuns na natureza e desempenha um papel vital em diferentes contextos astrofísicos importantes, tanto dentro quanto fora de estrelas, como no enriquecimento primordial do meio interestelar. Exemplos de estrelas enriquecidas em carbono podem ser encontrados em todo o diagrama HR. Os espectros de estrelas enriquecidas em carbono são impressionantes porque (dependendo da temperatura e do grau de enriquecimento em carbono) eles exibem bandas de absorção de C_2 , CN e CH bastante proeminentes na região do visível (ver Figura 1.3). A presença dessas bandas no espectro depende do equilíbrio molecular na estrela, devido à forte ligação da molécula CO, a saber: se $A(\text{C}) < A(\text{O})$ (onde $A(X)$ é a abundância por número), a maior parte do carbono está presa à molécula de CO e outros compostos de oxigênio estão presentes; se $A(\text{C}) > A(\text{O})$, o oxigênio está, em sua maior parte, preso na molécula de CO e algumas características espectrais de compostos de oxigênio (por exemplo, água e TiO) estão ausentes, enquanto os de carbono encontram-se presentes (em particular C_2). Nos primórdios da formação da Galáxia, a abundância média de oxigênio, $A(\text{O})$, era muito mais baixa que atualmente.

Portanto, uma fonte primária extra de carbono foi capaz de produzir estrelas enriquecidas em carbono facilmente. Convencionalmente, estrelas carbonadas são aquelas que exibem $[C/O] > 0.0$ na escala antiga de abundâncias (Grevesse e Sauval, 1998). Para fins de futuras discussões, todas as estrelas de carbono são consideradas estrelas enriquecidas em carbono, mas nem todas referidas como enriquecidas em carbono se adequam à definição usual de estrelas carbonadas, porque mede-se o enriquecimento de carbono em relação ao ferro ao invés do oxigênio.

À medida em que mais informações observacionais são coletadas e modelos de evolução desenvolvidos, fica mais claro que o enriquecimento de carbono em estrelas pobres em metais não pode ser atribuído a um único processo, como no caso da maior parte das estrelas mais deficientes nas populações das componentes do halo e disco espesso. Essas estrelas deveriam ser velhas e ter massas inferiores à solar. Mesmo quando na fase AGB não se espera que elas tragam grandes quantidades de carbono de seus interiores para a superfície (através dos processos de dragagem - *dredge-up*), ao contrário de estrelas AGB de População I observadas hoje em dia. Dessa forma, pode-se concluir que a sobreabundância de carbono presente nas atmosferas dessas estrelas de baixa massa não é devida a processos intrínsecos que ocorreram em seu interior.

Além disso, no extenso catálogo de estrelas pobres em metais de Beers e colaboradores (Beers et al., 1985, 1992), no mínimo 10-15% das estrelas do *survey* com $[Fe/H] \leq -2.0$ exibem $[C/Fe] \geq +1.0$; essa fração aumenta para 25% da amostra quando se considera objetos com $[Fe/H] \leq -3.0$ (Norris et al., 1997; Rossi et al., 2005; Frebel et al., 2006). A análise recente de Lucatello et al. (2006), realizada com as estrelas do HERES, sugere que a fração de estrelas CEMP com $[Fe/H] \leq -2.0$ e $[C/Fe] \geq +1.0$ é $\sim 20\%$, no mínimo. Por comparação, estrelas carbonadas de População I constituem menos de 1% das estrelas do disco com temperaturas e gravidades similares (Luck e Bond, 1991). Deve-se notar, no entanto, que o resultado encontrado em Luck e Bond (1991) é baseado em uma amostra muito menor de estrelas, o que confirma a necessidade de obter estatística de qualidade para estrelas enriquecidas em carbono.

No intervalo de metalicidades $-4.0 \leq [Fe/H] \leq -2.0$ existe um limite superior para o enriquecimento de carbono, em $[C/H] \sim -0.5$ (Rossi et al., 1999; Ryan, 2003; Lucatello et al., 2006). Isso imediatamente sugere que, em alguma época remota no Universo, uma

significativa fração de carbono foi produzida, por uma ou mais das seguintes fontes: (1) um mecanismo primordial a partir de progenitores estelares de alta massa, (2) produção interna intrínseca por estrelas de baixa massa com $[\text{Fe}/\text{H}]$ extremamente baixo, ou (3) produção extrínseca de carbono por estrelas de massa intermediária, as quais podem ser importantes fábricas de carbono durante seus estágios AGB, seguido por transferência de massa para a companheira de mais baixa massa sobrevivente. É também possível que todas as três fontes tenham desempenhado seus papéis. [Beers e Christlieb \(2005\)](#) discutem essas alternativas com maiores detalhes.

Muitas das estrelas CEMP também exibem uma grande sobreabundância de elementos químicos formados por captura de nêutrons. Dois exemplos são: a bem conhecida estrela enriquecida em processo-r CS 22892-052 ($[\text{Fe}/\text{H}]=-3.1$, $[\text{Eu}/\text{Fe}]=+1.7$; [Snedden et al., 1996, 2003](#)) e LP 625-44, uma estrela que mostra elementos formados por processo-s que superam os valores do Sol por fatores maiores que 250 ($[\text{Fe}/\text{H}]=-2.7$, $[\text{Ba}/\text{Fe}]=+2.4$; [Aoki et al., 2000](#)). [Johnson e Bolte \(2002\)](#) relatam sobre uma estrela (CS 22183-015) com claro enriquecimento por processo-s mesmo em uma metalicidade muito baixa de $[\text{Fe}/\text{H}]=-3.1$. Recentemente, uma nova classe de CEMP que exhibe sobreabundância de elementos formados tanto por processo-s quanto por processo-r foi identificada (por exemplo, [Barbuy et al., 1997](#); [Hill et al., 2000](#); [Lucatello et al., 2003](#); [Goswami et al., 2006](#); [Jonsell et al., 2006](#); [Allen e Barbuy, 2006](#)) - essas estrelas também exibem frequentemente sobreabundância de Pb. Finalmente, estrelas CEMP que não apresentam evidência de presença de elementos formados por processos de captura de nêutrons também têm sido identificadas ([Aoki et al., 2002](#); [Ryan et al., 2005](#); [Aoki et al., 2006](#); [Frebel et al., 2007](#)).

Até bem recentemente, todas as estrelas de carbono conhecidas eram gigantes. A descoberta de uma estrela rica em carbono com movimento próprio grande, G77-61 ([Dahn et al., 1977](#)), a qual tem que ser uma estrela de classe V (sequência principal), foi uma surpresa. Observações subsequentes ([Dearborn et al., 1986](#)) mostraram que ela tinha uma companheira anã branca. Essa estrela é também de interesse por apresentar uma metalicidade bem baixa. [Plez e Cohen \(2005\)](#) mostraram que G77-61 tem $[\text{Fe}/\text{H}]=-4.0$, o que a coloca no grupo das estrelas com mais baixas metalicidades que se conhecem. Em seguida, [Margon et al. \(2002\)](#), [Downes et al. \(2004\)](#) e [Knapp et al. \(2006\)](#) identificaram mais de 600 estrelas com enriquecimento suficiente em carbono para exibirem as bandas de *Swan* de

C₂ nas observações espectroscópicas do SDSS. Mais da metade desses objetos são confirmadamente estrelas de sequência principal considerando-se suas propriedades cinemáticas. As cores dessas estrelas sugerem que elas coincidem com tipos espectrais desde M até F/G ou mesmo tipo A, embora a maioria deste último tipo seja muito provavelmente composta por anãs brancas ricas em carbono peculiares (Knapp et al., 2006).

O SDSS contribuiu até o momento com 95% de todas as estrelas de carbono anãs, e correções de completeza indicam que a maioria das estrelas de carbono de alta latitude são anãs ao invés de gigantes (ver Green, 1992; Margon et al., 2002). Uma hipótese de primeira ordem seria que estrelas de carbono geradas por transferência de massa a partir de uma companheira seriam espalhadas igualmente através de todos os tipos evolutivos, enquanto estrelas de carbono intrínsecas geradas por dragagem interna deveriam ocorrer somente em gigantes. Para isso, o(s) processo(s) que produz(em) anãs carbonadas deve(m) ser bastante eficiente(s) a fim de que elas superem em número as gigantes (mesmo considerando os diferentes volumes amostrados por essas estrelas de luminosidades tão diferentes).

Embora as estrelas de carbono tenham sido reconhecidas como uma classe distinta de objetos astrofísicos por mais de um século, somente nos últimos anos percebeu-se que o enriquecimento em carbono é dominante em estrelas de, essencialmente, todos os tipos espectrais. Só recentemente que ficou reconhecida a marcante diversidade de padrões de abundâncias elementais associados a sua presença. Uma vez obtida uma amostra de objetos com características bem definidas (parâmetros atmosféricos e abundâncias de carbono), é possível reunir informação estatística/observacional necessária para quantificar esses fenômenos de enriquecimento, e ligá-los ao conhecimento crescente (com base nas observações do Universo em altos *redshifts* e nas primeiras gerações de estrelas) das origens dos elementos químicos.

1.4 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é demonstrar a eficácia de procurar estrelas CEMP de metalicidade intermediária, através do uso de uma nova abordagem para sua identificação. A inclusão de candidatas a estrelas CEMP com temperaturas maiores (que não exibem bandas de CN e C₂) também possibilita investigar as relações entre os níveis de carbono observados e o estágio evolutivo (Lucatello et al., 2006). Também deve ser levado

em conta o fato de que provavelmente o inventário de estrelas ultra- ($[\text{Fe}/\text{H}] < -4.0$) e hiper- ($[\text{Fe}/\text{H}] < -5.0$) pobres em metais ainda está incompleto. Mesmo que alguns desses objetos extremos eventualmente não apresentem enriquecimento em carbono, este trabalho utiliza os dados disponíveis como suporte para a procura de candidatas que satisfaçam os critérios estabelecidos. Algumas dessas estrelas com $[\text{Fe}/\text{H}] < -4.0$ podem ter sido negligenciadas em buscas anteriores devido a espectros com baixa razão sinal-ruído na região da linha K do Ca II nas placas fotográficas de prisma objetivo (ver [Christlieb et al., 2008](#), para um procedimento alternativo para superar este problema). No entanto, estas estrelas podem ser rastreadas pela presença de uma intensa banda G do CH, que é comumente associada às estrelas mais deficientes em metais.

Dessa forma é possível obter estimativas tanto da frequência como do grau de enriquecimento em carbono em certos intervalos específicos de índice de cor e metalicidade, para cobrir diferentes estágios evolutivos, incluindo anãs, subgigantes e estrelas em várias posições ao longo do ramo das gigantes. Assim, pode-se conhecer a frequência de estrelas com enriquecimento de carbono em diferentes faixas (por exemplo, $[\text{C}/\text{Fe}] \geq +0.5$), e explorar o nível de dependência entre o grau de enriquecimento em carbono com o estágio evolutivo. Essas frequências e graus de enriquecimento em carbono podem ser utilizados para restringir modelos teóricos, com o objetivo de acessar os modos dominantes que devem ser levados em conta em prescrições de evolução química galáctica.

Uma lista de estrelas do HES com linhas de carbono intensas foi previamente reunida por [Christlieb et al. \(2001\)](#). Os espectros para a maior parte desses objetos têm sido obtidos nos últimos anos. A inspeção desses dados indica que pelo menos 50% dos alvos são consistentes com a identificação de estrelas CEMP, enquanto os outros são estrelas ricas em carbono com abundância aproximadamente solar. Entretanto, essa lista prévia foi reunida com base na soma de linhas de carbono molecular, tais como CN, C_2 e CH, as quais dão muita ênfase às estrelas mais frias na amostra. Estrelas CEMP com temperaturas efetivas mais altas que $\sim 5500\text{K}$, frequentemente, mostram apenas uma excepcional intensidade em uma única característica, a banda G em $4300\text{\AA}$ e, portanto, podem ter sido omitidas no catálogo anterior.

Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de um método que possa levar em conta essa característica marcante das estrelas ricas em carbono com temperaturas mais eleva-

das. Para tanto, é preciso dispor de uma amostra significativamente grande de espectros digitalizados, como a do HES, e propor uma nova forma de selecionar objetos de interesse. Além disso, pode-se utilizar como base auxiliar para esta tarefa os índices de linha recém compilados (KPHES e GPHES - ver definições em [Christlieb et al., 2008](#), e no Capítulo 2 desta tese) e informações colorimétricas do 2MASS (The Two Micron All Sky Survey - [Skrutskie et al., 2006](#)) para compor uma lista de estrelas que exibam uma forte banda G. Em seguida, subamostras selecionadas são observadas em média resolução com o telescópio SOAR³ de 4.1m, com o intuito de demonstrar a eficácia da procura por estrelas adicionais de baixa metalicidade, baseada na premissa de que a maior parte delas será, além de pobre em metal, fortemente enriquecida em carbono.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: no Capítulo 2 são apresentadas as novas definições dos índices de linha para a banda G do CH, bem como as melhorias propostas em relação aos índices previamente utilizados; o Capítulo 3 descreve as principais características do HES. Além disso, é feita uma análise exploratória e são apresentados os cálculos dos novos índices de linha para a base de dados; a análise completa da primeira e segunda subamostras de dados do HES, baseadas nos novos índices de linha desenvolvidos, encontram-se, respectivamente, nos Capítulos 4 e 5; as conclusões e perspectivas deste trabalho são delineadas no Capítulo 6.

³ *Southern Astrophysics Research Telescope.*

Novos Índices de Linha para a Banda G do CH

Um dos objetivos deste trabalho é determinar um conjunto de índices de linha que possam descrever fidedignamente não apenas a banda G do CH, mas também definir um intervalo em comprimento de onda que inclua as asas da região que são afetadas por outras bandas de carbono, tais como C_2 e CN, e que ocorrem eventualmente até em estrelas CEMP mais quentes, com $(J-K)_0 \leq 0.3$. Uma vez que estes índices consigam capturar toda a informação contida na banda G, é necessário desenvolver um procedimento de calibração em função de parâmetros conhecidos (como por exemplo $[C/Fe]$) e confirmados por estudos em alta resolução.

A “régua padrão” utilizada ao longo deste trabalho é composta de uma amostra de 26 estrelas do HES. Estas estrelas são pobres em metais e ricas em carbono, e foram analisadas em alta resolução por [Aoki et al. \(2007\)](#). Esta amostra foi escolhida pois a base de dados do HES contém espectros em baixa resolução para todos estes objetos. Desta forma, é possível comparar o comportamento dos novos índices (calculados na mesma resolução dos demais objetos da base de dados) com a abundância em carbono medida em alta resolução. O objetivo, nesse caso, não é encontrar valores de $[C/Fe]$ diretamente a partir de um índice de linha, mas distinguir o comportamento de estrelas enriquecidas e não enriquecidas em carbono. Assim, uma calibração da forma $[C/Fe] = f(\text{índice de linha})$ não é suficiente nesse caso, pois não leva em conta parâmetros importantes como a temperatura do objeto.

A calibração dos índices pode ser feita, por exemplo, em um diagrama *índice de linha vs. índice de cor*, sendo que a utilização da cor do objeto representa uma escala de temperatura, uma vez que este trabalho visa identificar estrelas ricas em carbono que não satisfazem as restrições impostas por [Christlieb et al. \(2001\)](#) que impõe um viés em

T_{eff} ao selecionar estrelas ricas em carbono apenas em função de índices moleculares. Assim, dentro de uma região específica do diagrama (por exemplo $0.2 \leq (J-K)_0 \leq 0.8$, equivalente a $T_{\text{eff}} \sim 4500 - 5500\text{K}$ – [Aoki et al., 2007](#)), a expectativa é a de que as estrelas confirmadamente CEMP comportem-se de forma distinta das demais, fornecendo assim uma região com maior probabilidade de ocorrência deste tipo de objeto.

2.1 Por que procurar novos Índices para o Carbono?

Até o momento, análises em baixa e média resolução na região da banda G do CH utilizavam-se do índice GP (com largura de banda de $15 \text{ \AA}$ - definido por [Beers et al., 1999](#)) para estimar o conteúdo de carbono na estrela; um índice similar foi originalmente definido por [Beers et al. \(1985\)](#), anteriormente à constatação de que estrelas pobres em metais poderiam exibir altos enriquecimentos em carbono.

O índice GP é uma pseudo largura equivalente que mede o contraste entre o espectro observado e o nível do contínuo na região da banda G. Este índice é quantificado através do cálculo da área de uma banda de $15 \text{ \AA}$ de largura (centrada em $4304 \text{ \AA}$), delimitada por um pseudo contínuo. Este, por sua vez, é calculado através de um ajuste linear entre os valores centrais de duas bandas laterais, tanto na região azul quanto na região vermelha do espectro. A Tabela 2.1 lista os intervalos de comprimento de onda para alguns dos índices de linha da banda G encontrados na literatura.

Tabela 2.1 - Definições dos principais índices de linha da banda G do CH encontrados na literatura. Os valores são mostrados em $\text{\AA}$.

Índice	Banda azul	Banda da linha	Banda vermelha	Referência
GP	4247.0 - 4267.0	4297.5 - 4312.5	4362.0 - 4372.0	Beers et al. (1999)
GPHES	4246.0 - 4255.0	4281.0 - 4307.0	4446.0 - 4612.0	Christlieb et al. (2008)
GPE	...	4200.0 - 4400.0	...	Placco et al. (2010a)

A necessidade de um novo índice para esta região é clara e se mostra evidente em estudos recentes (por exemplo [Rossi et al., 2005](#); [Christlieb et al., 2008](#)) pelo fato de que uma largura de banda de $15 \text{ \AA}$ não consegue capturar todo o fluxo absorvido pelo carbono molecular na região da banda G do CH. Além disso, o índice GP sofre de contaminação

em suas bandas laterais quando uma estrela é particularmente rica em carbono, ou em baixas temperaturas efetivas, pelo fato de que um ajuste linear nesta região subestima severamente a posição do contínuo para estes objetos¹.

No trabalho de [Christlieb et al. \(2008\)](#) é apresentado um novo índice de linha para a banda G, a ser utilizado nos espectros escaneados do HES, chamado GPHER, com uma largura de banda de $26 \text{ \AA}$, calibrado para estar em uma escala de valores similares aos do índice GP. No entanto, como pode ser visto na Figura 2.1, mesmo este novo (e mais largo) índice não é suficiente para capturar toda a informação proveniente da banda G, principalmente para as estrelas com enriquecimentos mais extremos identificadas pelo HES.

Figura 2.1: Exemplo de cálculo de GPHER. O valor do índice é dado pela área em verde, delimitada pelo ajuste linear entre os valores centrais das bandas laterais. Também é mostrada a linha K do Ca II. O eixo de comprimento de onda está colocado partindo do vermelho para o azul, como apresentado nos espectros originais do HES.

Novos índices para esta característica em particular dos espectros devem cobrir não somente a banda G “clássica” (centrada em $4304 \text{ \AA}$), mas também a porção do espectro que se estende na direção das asas desta região, que também pode ser afetada por outras espécies moleculares de carbono. É importante notar que, caso uma estrela não apresente alta abundância de carbono (uma banda G não pronunciada) os novos índice permane-

¹ Por exemplo, Figuras 1(h) e 2(d) de [Rossi et al. \(2005\)](#)

cerão válidos, pois, ainda assim, fora desta região não haverá fluxo proveniente de outros elementos (exceto pela linha de Balmer $H\gamma$ em 4340 Å - veja discussão a seguir), que sejam suficientes para contaminar os resultados.

É possível identificar alguns exemplos de espectros fortemente afetados pela banda G do CH no trabalho de [Rossi et al. \(2005\)](#). Nota-se a dificuldade de obter toda a informação na região da banda G com a utilização de um índice com largura de banda muito estreita (15 Å). Além disso, para algumas estrelas, o índice GP pode saturar, perdendo-se então a informação para o restante da região. Portanto, os novos índices devem cobrir pelo menos a região entre 4200-4400 Å. O fato da linha de Balmer $H\gamma$ estar presente em 4340 Å não é um empecilho, já que esta linha também se encontra presente em estrelas “normais” (pobres em carbono) e possui proporcionalidade similar com a temperatura. Porém, como é mostrado no Capítulo 4 desta tese, é muito importante observar o intervalo de temperatura considerado, pois a amostra pode ser contaminada por estrelas quentes com fortes linhas de hidrogênio (por exemplo, estrelas de tipo espectral A).

2.2 GPE – Ajuste de Contínuo

Pelo exposto acima, conclui-se que a formulação para a determinação de um índice de linha da banda G deve abranger uma área maior dentro desta região além de evitar o cálculo do contínuo pelos métodos comumente utilizados. Assim, o índice GPE (GPHEs *Extended*) é definido da seguinte forma:

$$\text{GPE (Å)} = \int_{4200}^{4400} \left(1 - \frac{S(\lambda)}{C(\lambda)} \right) d\lambda, \quad (2.1)$$

onde $S(\lambda)$ representa o espectro observado e $C(\lambda)$ é o ajuste local para o contínuo. Esta definição é similar àquela de [Cardiel et al. \(1998\)](#), mas neste caso o nível do contínuo do espectro não é estimado por interpolação linear entre as bandas laterais (como é o caso de GP e GPHEs), uma vez que a região próxima à banda G pode ser afetada pela presença de outras moléculas associadas ao carbono, como visto acima, e comprometer a determinação do valor do índice. Foram feitas diversas tentativas de ajuste de contínuo, incluindo formulações alternativas às adotadas para GP e GPHEs. A escolha final é baseada nas técnicas empregadas pelo SSPP (*SEGUE Stellar Parameter Pipeline* - ver [Lee](#)

et al., 2008; Allende Prieto et al., 2008, para uma descrição detalhada do procedimento), otimizada para a resolução dos espectros da base de dados do HES.

Através da inspeção visual de uma série de espectros de estrelas CEMP, definiu-se que o intervalo mais eficiente para o novo índice deve, de fato, cobrir a região entre 4200-4400 Å. Esta largura de banda impõe às determinações de GPE um intervalo de valores pelo menos uma ordem de grandeza maior do que o dos índices GP e GPHES. Isto é importante para minimizar os erros associados às medidas (ver detalhes na Seção 4.1.1, Figura 4.2).

Figura 2.2: Exemplo da nova definição do índice para a banda G do CH. A linha preta cheia mostra o ajuste de contínuo aplicado às estrelas neste trabalho. Também é mostrada a comparação entre o índice GPHES (área em verde) e o novo índice GPE (área em vermelho). As setas representam os valores centrais das bandas laterais utilizadas para o ajuste do contínuo de GPHES. Também é mostrada a linha K do Ca II. O eixo de comprimento de onda está colocado partindo do vermelho para o azul, como apresentado nos espectros originais do HES.

A Figura 2.2 mostra o espectro extraído das placas fotográficas escaneadas do HES de uma estrela enriquecida em carbono típica (fria). A área estreita ao redor de 4300 Å mostra a localização do índice GPHES (ver também Figura 2.1), que é mais largo (e um pouco deslocado para a região azul) do que o índice GP. A banda da linha do novo índice GPE está representada pela região de 200 Å de largura ao redor da mesma região. É possível concluir através da inspeção da Figura 2.2 que o índice GPHES é, de fato, muito

estreito para ser representativo da força da toda a banda G, sendo que suas bandas laterais (cujos valores centrais estão representados pelas setas da Figura 2.2) também sofrem de contaminação. Comentários similares também se aplicam ao índice GP que, como pode ser visto na Tabela 2.1, possui uma largura de linha ainda menor que a do índice GPHEs.

Como visto acima, o novo índice GPE também inclui a linha de Balmer $H\gamma$ em 4340 Å, o que não configura um problema, pois esta linha também é encontrada em estrelas com abundâncias de carbono próximas da solar; sua intensidade deve variar com a temperatura da mesma forma tanto para estrelas ricas em carbono quanto para estrelas com $[C/Fe] \leq 0.0$. Na definição do GPE, a forma do contínuo possui um papel importantíssimo, uma vez que este deve ser bem ajustado ao longo de toda a região de interesse, e não simplesmente estimado por interpolação em bandas laterais isoladas.

2.3 EGP – Razão entre Fluxos

Além do índice GPE, procurou-se também uma forma alternativa de medir a contribuição da banda G do CH para o fluxo total da estrela, porém sem depender da determinação do contínuo. Tal índice alternativo foi calculado utilizando-se uma definição semelhante à proposta por Smith e Norris (1983) e modificada por Morrison et al. (2003). Utilizando os mesmos argumentos mostrados acima para justificar a largura de 200 Å do índice GPE, a largura da linha de banda nesse caso também terá este valor.

O índice EGP consiste de uma razão entre fluxos, integrados em intervalos definidos para as bandas da linha e para a região do vermelho, que pode ser escrito como:

$$\text{EGP (magnitude)} = -2.5 \log \left[\frac{\int_{4200}^{4400} I_{\lambda} \cdot d\lambda}{\int_{4425}^{4520} I_{\lambda} \cdot d\lambda} \right] \approx -2.5 \log \left[\frac{\sum_{n=1}^k I_{\lambda_n} \cdot \Delta\lambda}{\sum_{m=1}^k I_{\lambda_m} \cdot \Delta\lambda} \right], \quad (2.2)$$

onde I_{λ_n} e I_{λ_m} são os valores de fluxo medido (em contagens) para as bandas da linha e no vermelho, respectivamente e $\Delta\lambda$ refere-se à resolução do espectro, em Å. A definição em Morrison et al. (2003) utiliza uma banda na região do vermelho e outra em comprimentos de onda na região do azul. Pelo fato de existir, para os objetos mais frios, bandas de CN na parte azul proposta para o novo índice (em 3883 Å e 4216 Å), as estimativas para o contínuo não são satisfatórias. Então, usa-se apenas a razão entre o fluxo integrado na linha (200 Å de largura; 4200-4400 Å) e o fluxo integrado na banda vermelha (4425-4520 Å).

Figura 2.3: Definição do índice EGP. A área delimitada em vermelho representa a banda lateral e a área em verde representa a banda da linha. Também é mostrada a linha K do Ca II. O eixo de comprimento de onda está colocado partindo do vermelho para o azul, como apresentado nos espectros originais do HES.

A Figura 2.3 mostra os intervalos de comprimento de onda de definição do índice EGP. É importante lembrar que, diferentemente do índice GPE, o EGP depende essencialmente da profundidade da banda G e da diferença dos fluxos entre esta e a região contígua na parte vermelha do espectro, ou seja, o rebaixamento do contínuo causado pela presença da banda G irá afetar também a banda lateral, e manterá o contraste entre os fluxos. Isso não ocorre no caso do índice GPE, pois nele o contínuo é estimado a partir de todo o intervalo de comprimento de onda do espectro, o que pode superestimar o nível do contínuo e por consequência o valor do índice.

Além disso, pelas características logarítmicas da Equação 2.2, é possível notar que o índice EGP possui um intervalo dinâmico menor do que aquele do índice GPE. Este fato não configura o mesmo problema apresentado pelos índices GP e GPHES pois o índice EGP não utiliza interpolação das bandas laterais para estimar o contínuo e, como será mostrado do Capítulo 5, este será utilizado como um índice auxiliar ao GPE.

2.4 Teste com a Base de Dados SAGA

Para fazer um primeiro teste do comportamento dos novos índices de linha descritos acima, foi utilizada a base de dados SAGA (*Stellar Abundances for Galactic Archeology* - Suda et al., 2008). Esta base de dados é uma compilação de abundâncias retiradas da literatura referentes a estrelas pobres em metais, que inclui tanto estrelas do *survey* HK quanto do HES. Foram extraídos da base SAGA parâmetros para 257 objetos do HES e, no caso de múltiplas referências para um mesmo objeto, foi escolhido o conjunto de medidas mais recente (ou com maior resolução, para referências de mesmo ano de publicação).

Assim, a partir dos identificadores dos objetos, foi possível extrair da base de dados do HES os espectros em baixa resolução das estrelas selecionadas e calcular os dois índices. A Figura 2.4 mostra o comportamento dos novos índices de linha em função dos valores de abundância de carbono extraídos da base SAGA.

Figura 2.4: Comportamento da abundância de carbono dos objetos da base de dados SAGA em função dos índices de linha GPE e EGP.

Nota-se que, para os regimes onde $[C/Fe] > +1.0$, os valores dos índices tendem a crescer com o aumento da abundância de carbono, mostrando que o índice captura com sucesso a informação contida na banda G. Porém, a presença de objetos com altos valores para os índices e baixos valores de $[C/Fe]$ sugere que existe alguma contaminação no espectro

que mascara o comportamento da banda G. Esta contaminação é atribuída, como visto acima, à linha $H\gamma$ em 4340 Å. Dessa forma, para as estrelas com abundâncias de carbono intermediárias, é necessário introduzir uma nova variável que descreva essa dependência.

Figura 2.5: Comportamento da abundância de carbono dos objetos da base de dados SAGA em função da metalicidade para dois intervalos do índice GPE.

Ainda de acordo com a Figura 2.4, nota-se que grande parte das estrelas CEMP possui $GPE \gtrsim 25$, mas ainda assim existe um grupo de estrelas com abundâncias intermediárias de carbono ($[C/Fe] \sim +0.5$) que possuem valores de GPE semelhantes aos das estrelas mais enriquecidas. A Figura 2.5 mostra o comportamento da abundância de carbono em função da metalicidade, para objetos com valores de GPE maiores e menores que 25 Å. A atribuição desta primeira restrição em GPE tem apenas caráter exploratório, ou seja, o número 25 foi escolhido apenas para tentar separar regimes de abundância de carbono.

Outrossim, a Figura 2.5 apresenta dois pontos interessantes: (i) com exceção de alguns objetos com $[C/Fe] \sim +1.0$, a maioria das estrelas com valores de GPE menores que 25 possuem $[C/Fe] < +1.0$, ou seja, estrelas com mesmo valor de $[C/Fe]$ e valores discrepantes de GPE provavelmente possuem (como será visto no Capítulo 4) temperaturas distintas; (ii) o índice obteve a informação contida na banda G para as estrelas CEMP independentemente do valor de $[Fe/H]$, ou seja, o índice GPE (e, por conseguinte, EGP) não introduz

o viés para baixas metalicidades presente nas buscas que utilizam o índice KP².

Vale lembrar que a base de dados SAGA é uma compilação de vários estudos da literatura, que utilizam diferentes métodos para a determinação de metalicidades e abundâncias de carbono. Dessa forma, espera-se que parte das discrepâncias encontradas seja devido a esses métodos distintos de análise. Por conseguinte, como será visto no Capítulo 4, é necessário recorrer a uma amostra homogênea de estrelas CEMP para estabelecer restrições coerentes aos índices de linha.

² Ver Seção 1.2 para mais detalhes.

Base de Dados

3.1 O Hamburg/ESO Survey

O HES (*Hamburg/ESO Survey* - Reimers, 1990; Reimers e Wisotzki, 1997; Wisotzki et al., 2000) foi o primeiro *survey* dedicado à observação de quasares a cobrir todo o céu do Hemisfério Sul. Inicialmente, de maneira oposta ao *survey* HK, o HES não foi desenhado para observação de objetos estelares próximos. Segundo Reimers (1990), os principais objetivos desta campanha observacional eram:

- Encontrar QSO's (*Quasi-stellar object*) brilhantes ($B < 17.5$), apropriados para estudos de linhas em absorção com o VLT (*Very Large Telescope*);
- Identificar linhas de visada não afetadas pelo meio intergaláctico em *redshifts* de até $z=3$, adequados para espectroscopia em comprimentos de onda de repouso no ultravioleta extremo (100-1200 Å) utilizando o HST (*Hubble Space Telescope*), em particular a linha em 304 Å do He II;
- Aumentar a base de dados de lentes gravitacionais conhecidas e;
- Estudar a parte brilhante da função de luminosidade dos quasares.

Porém, dadas as características desse *survey* de prisma objetivo (com resolução espectral de 15 Å para a linha K do Ca II), esperava-se encontrar espécies interessantes de estrelas, tais como estrelas do halo pobres em metais, estrelas de carbono, variáveis cataclísmicas, anãs brancas, estrelas do ramo horizontal entre outras (ver Christlieb et al., 2008, e referências nele contidas), como subproduto.

A parte espectroscópica do HES teve início em 1990. O *survey* de prisma objetivo foi conduzido com o auxílio do telescópio ESO Schmidt de 1m localizado em La Silla - Chile, sendo que os espectros referentes à parte estelar foram digitalizados e reduzidos no Observatório de Hamburgo (*Hamburger Sternwarte*). Com uma área efetiva de 6726 deg^2 , o *survey* cobriu toda a porção extragaláctica ($|b| > 30^\circ$) sul ($\delta < -2.5^\circ$) do céu.

Figura 3.1: Pannel superior: Placa digitalizada do *Digitized Sky Survey I*. Pannel inferior: Placa de prisma-objetivo digitalizada do HES referente ao mesmo campo do pannel superior.

A Figura 3.1 mostra, em seu painel superior, uma das placas do DSS-I (*Digitized Sky Survey I*) utilizadas para comparação com as placas de prisma objetivo digitalizadas do HES (exemplo no painel inferior da figura). Para a extração automática dos espectros referentes à parte estelar, foram feitas comparações das posições de cada objeto na placa do DSS-I com seu equivalente na placa digitalizada do HES. O trabalho desenvolvido nesta tese faz uso dos espectros estelares digitalizados a partir destas placas e que foram cedidos pelo Dr. Norbert Christlieb (comunicação particular).

O trabalho de [Christlieb et al. \(2008\)](#) utilizou a parte estelar do HES para aumentar o número de estrelas pobres em metais conhecidas por um fator 3-5 vezes (comparado com o *survey* HK), principalmente devido às maiores magnitudes atingidas ($B \sim 17.5$ mag), o que permite a observação de objetos cada vez mais distantes e/ou menos luminosos. A Figura 3.2 mostra a diferença de cobertura do céu entre os dois *surveys* citados acima.

Figura 3.2: Painel esquerdo: Comparação entre o volume do céu observado pelos dois *surveys*. Painel direito: área de cobertura do HES (áreas delimitadas) em comparação com os locais onde se encontram as candidatas a estrelas pobres em metais descobertas pelo *survey* HK. Figura retirada de [Christlieb \(2003\)](#).

Neste íterim, o volume total de objetos observados aumentou em quase uma ordem de grandeza. Porém, observações de *follow-up* ainda não foram obtidas para todos os objetos mais interessantes identificados até o momento pelo HES. A cobertura em comprimento de onda do *survey* encontra-se no intervalo 3200 - 5300 Å, que inclui a linha K de Ca II (3933 Å, utilizada para estimativas de [Fe/H] - ver [Beers et al., 1999](#); [Rossi et al., 2005](#)) e a banda G do CH (~ 4300 Å - para estimativas de [C/Fe]).

O trabalho apresentado nesta tese, e de outras investigações que ainda estão em curso, fizeram uso da base de dados estelar completa do HES, composta por 4404908 objetos. A principal motivação encontrada para se trabalhar com a base supracitada é o fato de que é mais confiável trabalhar com uma amostra única e homogênea, o que permite testar as novas definições dos índices de linha GPE e EGP (Seções 2.2 e 2.3, respectivamente), e ainda assim possuir um número relevante de candidatas para futuras análises. Outro ponto importante reside no fato de que o HES possui uma série de estudos em média e

alta resolução de estrelas CEMP publicados (tais como [Barklem et al., 2005](#); [Lucatello et al., 2006](#); [Aoki et al., 2007](#); [Schuler et al., 2008](#); [Schörck et al., 2009](#)), que podem ser utilizados para comparação, uma vez que todos os objetos encontrados nestes estudos possuem espectros em baixa resolução na base de dados do HES.

3.2 Caracterização da Amostra

A matriz completa de dados do HES possui 4404908 linhas e 80 colunas, perfazendo um total ~ 352 milhões de células contendo informações sobre os objetos. Sendo assim, foi necessário utilizar uma ferramenta robusta que pudesse não só carregar os dados, mas também aplicar filtros, fazer seleções, adicionar/excluir/editar informações se necessário, indexar buscas utilizando texto e fazer consultas complexas. Para tanto, utilizou-se o sistema gerenciador de banco de dados de código aberto *PostgreSQL*, desenvolvido na Universidade de Berkeley, EUA.

Dessa forma, foi possível inserir os novos índices GPE e EGP posteriormente, uma vez que estes ainda não faziam parte da base de dados original. Outrossim, a formatação proposta para a base de dados facilita a interação com outros programas, como por exemplo o conjunto de pacotes IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility* - [Tody, 1986](#)), utilizado para extração e calibração dos espectros do HES.

Algumas das informações presentes na base de dados são: ascensão reta e declinação (J2000), latitude e longitude galácticas, número, quadrante e identificadores das placas fotográficas observadas no HES (ver Figura 3.1), fotometria nas bandas UBV (extraída do HES) e JHK (extraída do 2MASS) com seus respectivos erros, correções de avermelhamento (baseadas nos mapas de [Schlegel et al., 1998](#)), índices de cor intrínsecos, índices de linha (KPHEs, GPHEs, CN₁, CN₃, C2₁, C2₂), indicadores do 2MASS (relacionados à qualidade da fotometria e localização de fontes próximas), razão sinal/ruído (S/N) por pixel em diferentes regiões dos espectros observados, entre outras. Também estão disponíveis os espectros em baixa resolução para todos os objetos.

3.2.1 Análise Exploratória

Antes de proceder com o cálculo dos índices GPE e EGP para toda a base de dados do HES, foi realizada uma análise exploratória utilizando as informações de índices de

linha KPES e GPES e o índice de cor $(J-K)_0$ ¹ disponíveis para cada objeto. Como visto no Capítulo 1 (e na Figura 1.1), a linha K (3933 Å) do Ca II é um forte indicador de metalicidade em espectros de baixa resolução. Dessa forma, através da seleção em KPES, é possível separar estrelas candidatas a pobres em metais (ver, por exemplo Christlieb et al., 2008). A linha H (3968 Å) do Ca II não pode ser utilizada para análise, pois sofre contaminação pela linha H ϵ (3970 Å) da série de Balmer do hidrogênio. Esse efeito torna-se cada vez mais pronunciado com o aumento da temperatura, o que inviabiliza sua utilização como indicador de metalicidade.

O primeiro conjunto de restrições para os parâmetros é:

- $KPES > 0.0$ (para estimativa de $[Fe/H]$);
- $0.0 < GPES \leq 20.0$ (para estimativa de $[C/Fe]$);
- $(J-K)_0 \neq -9.99$ (objetos sem fotometria JHK foram excluídos);
- $ph_qual = \{ABC\}\{ABC\}\{ABC\}$ (*flags* do 2MASS que selecionam objetos com razão sinal/ruído maior que 5 na região da linha K do Ca II).

Este conjunto de restrições fornece 4178412 objetos, cujas distribuições das variáveis KPES, GPES e $(J-K)_0$ são mostradas na Figura 3.3. Nota-se que o valor mais frequente para a variável KPES fica próximo de 9.5 (linhas de Ca II proeminentes), onde existe um corte na escala, introduzido artificialmente na amostra devido a problemas de saturação. Já o índice GPES possui uma distribuição mais simétrica, com valor médio próximo a 5.0 e, para o índice de cor $(J-K)_0$, nota-se um deslocamento da distribuição para valores maiores que 0.4, indicando que grande parte da amostra é constituída de estrelas mais avermelhadas, de População II.

Os índices de linha fornecem quantidades não físicas que descrevem características presentes nos espectros. É necessário então “traduzir” essa informação em termos de parâmetros físicos conhecidos. Pode-se estimar as grandezas $[Fe/H]$ e $[C/Fe]$ através das calibrações propostas por Rossi et al. (2005). Este trabalho fornece equações que utilizam os índices KP e GP e o índice de cor $(J-K)_0$ para estimar a metalicidade e a abundância de carbono, e que são escritas da seguinte forma:

¹ Refere-se ao índice de cor corrigido pelo avermelhamento

Figura 3.3: Distribuição dos índices de linha e cor para a subamostra de teste do HES.

$$[\text{Fe}/\text{H}] = -1.27 - 1.56 \cdot \text{LKP} + 3.09 \cdot \text{LKP}^2 - 4.04 \cdot (\text{J} - \text{K})_0 \quad (3.1)$$

$$[\text{C}/\text{Fe}] = 1.70 - 3.40 \cdot \text{LKP} + 1.99 \cdot \text{LGP} , \quad (3.2)$$

onde LKP e LGP são os logaritmos de KPHES e GPES na base 10, respectivamente. É importante notar que as relações originais propostas por [Rossi et al. \(2005\)](#) utilizam as grandezas KP e GP, distintas daquelas do HES, que foram definidas posteriormente devido à baixa resolução espectral alcançada pelo *survey* (ver [Christlieb et al., 2008](#), para maiores detalhes). Mesmo assim, dadas as características logarítmicas das Equações 3.1 e 3.2, conclui-se que pequenas diferenças nos índices não acarretam grandes incertezas nos valores finais de $[\text{Fe}/\text{H}]$ e $[\text{C}/\text{Fe}]$. Além disso, essas determinações foram utilizadas apenas

para uma descrição geral do comportamento da amostra selecionada.

A relação entre as estimativas de metalicidade e abundância de carbono é mostrada na Figura 3.4. Além da dispersão das duas variáveis, foi introduzida uma escala de cor (referente aos valores do índice KPHEs) e uma escala de tamanho dos pontos (referente aos valores de GPHEs), que denotam as dependências dos índices nas equações 3.1 e 3.2.

Figura 3.4: Comportamento do índice KPHEs em função dos parâmetros calculados pelas equações 3.1 e 3.2. O tamanho dos pontos é proporcional ao valor do índice GPHEs.

O cálculo das grandezas $[\text{Fe}/\text{H}]$ e $[\text{C}/\text{Fe}]$ para esses objetos fornece um comportamento global da amostra. Porém, as incertezas associadas aos índices são elevadas e a calibração de Rossi et al. (2005) é válida para um intervalo limitado do espaço de parâmetros. Muitos dos valores apresentados na Figura 3.4, principalmente aqueles associados a menores valores de KPHEs e maiores valores de GPHEs, provavelmente são resultado de algum erro na determinação deste índice².

² Vale lembrar que não foi feita nenhuma inspeção visual prévia nos espectros, ou seja, existem valores que podem estar associados a, por exemplo, sobreposição de espectros, defeitos nas placas fotográficas e problemas com a emulsão fotográfica.

O comportamento crescente de $[C/Fe]$ com a diminuição da metalicidade é esperado, tanto devido a resultados observacionais (Rossi et al., 1999; Lucatello et al., 2006), quanto ao fato de que as equações 3.1 e 3.2 foram calibradas utilizando estrelas pobres em metais ricas em carbono, o que insere um viés no cálculo para objetos em baixa resolução. Também, ao comparar o número relativo de estrelas em diferentes faixas de metalicidade, não se observa uma diminuição acentuada do número de objetos, fato que contraria as observações (ver Beers e Christlieb, 2005).

Além disso, os índices GP e GPES, como definidos por Beers et al. (1999) e Christlieb et al. (2008), respectivamente, não fornecem uma representação adequada acerca da sobreabundância de carbono (detalhes no Capítulo 2 desta tese). Isto ocorre principalmente para casos mais extremos onde a influência do carbono afeta uma região mais estendida do espectro, ou seja, estes índices não fornecem toda a informação presente na banda G. Desta forma, fez-se necessário o cálculo dos novos índices de linha GPE e EGP para toda a base de dados, com o intuito de trazer um enfoque distinto no tratamento das estrelas candidatas a CEMP.

3.2.2 Cálculo dos Índices GPE e EGP para as Estrelas do HES

Uma vez identificadas as falhas das técnicas anteriormente empregadas na busca por estrelas com enriquecimento em carbono, foram feitos os cálculos dos índices GPE e EGP para toda a base de dados do HES. Os valores foram determinados para todos os espectros disponíveis, independentemente da qualidade dos mesmos. Eventuais problemas com os índices são diagnosticados posteriormente por inspeção visual. Antes dos cálculos dos índices propriamente ditos, realizou-se uma fase de testes com diversas abordagens referentes ao ajuste do contínuo (para o índice GPE - ver Seção 2.2) e à largura de banda na região vermelha do espectro (para o índice EGP - ver Seção 2.3).

Ao todo foram calculados 8809816 índices em um período de aproximadamente 4 meses, utilizando entre 2 e 4 computadores trabalhando em paralelo. As rotinas desenvolvidas para o procedimento foram escritas em *shell script*, e utilizaram funções internas de um sistema operacional tipo *Unix* para realizar os cálculos, além dos softwares IRAF, *PostgreSQL* e IDL (*Interactive Data Language* - Landsman, 1989). A sequência dos principais procedimentos utilizados é mostrada a seguir. O software e/ou função utilizados em cada

um dos passos encontra-se entre parênteses:

1. Formatação dos arquivos de dados originais do HES (*awk*);
2. Leitura da base de dados (*PostgreSQL*);
3. Introdução de número sequencial de identificação para os objetos (*awk*);
4. Extração do espectro da base de dados do HES (*IRAF*);
5. Calibração em comprimento de onda (*awk*);
6. Determinação do contínuo (*IDL*);
7. Cálculo dos índices GPE e EGP (*bc*);
8. Adição dos novos valores à base de dados (*PostgreSQL*);
9. Visualização da saída (por exemplo Figuras 2.2 e 2.3 - *Gnuplot*).

A calibração em comprimento de onda foi feita utilizando a seguinte relação (cedida por Norbert Christlieb - comunicação particular) entre a coordenada original dos espectros (x) e o comprimento de onda (λ):

$$x = -2953.588 + 8.218377 \cdot 10^{10} \cdot \frac{1}{\lambda^2} + 7.675455 \cdot 10^{16} \cdot \frac{1}{\lambda^4}, \quad (3.3)$$

onde x é dado em μm e λ em $\text{\AA}$. Esta calibração foi determinada a partir da comparação entre as placas digitalizadas do HES e das placas do DSS-I (ver Figura 3.1). A precisão desta calibração é de $\pm 13 \text{\AA}$ na região da linha $\text{H}\gamma$ ($4340 \text{\AA}$) e $\pm 5 \text{\AA}$ em $\lambda=3500 \text{\AA}$. A razão sinal/ruído típica dos espectros do HES na região da linha K do Ca II encontra-se no intervalo $5 \leq \text{S/N} \leq 25$, e o poder resolutor é $R \sim 500$.

No Apêndice B são mostrados o fluxograma que descreve o procedimento adotado e o código fonte de todas as rotinas envolvidas nos cálculos dos índices listadas acima. A Figura 3.5 mostra a relação entre os dois índices para todos³ os objetos da amostra. É possível notar que GPE e EGP guardam uma relação diretamente proporcional entre si, advinda do fato de que ambos levam em conta para os cálculos a mesma área ao redor da banda G.

³ Alguns valores da Figura 3.5 foram removidos para adequar a escala e facilitar a visualização.

A principal motivação para se calcular índices que dependem essencialmente de grandezas distintas (contínuo no caso de GPE e razão de fluxos em EGP) é eliminar possíveis tendências introduzidas, por exemplo, pelo cálculo do contínuo além de possuir uma informação independente que possa ajudar na pré-seleção dos objetos, dado o tamanho da amostra. Além disso, também pelo fato de ambos os índices utilizarem a mesma largura de banda, é possível criar filtros que selecionem apenas objetos cujos índices estejam dentro de um certo intervalo de confiança, calibrado através dos valores calculados para estrelas que possuam determinações de $[C/Fe]$ em alta resolução (ver Capítulos 4 e 5 para maiores detalhes). Esse fato ajuda a prevenir contaminações nas subamostras selecionadas, uma vez que não se espera encontrar valores de índices que estejam distantes da tendência apresentada para toda a amostra (por exemplo nas porções superior esquerda e inferior direita da Figura 3.5).

Figura 3.5: Distribuição dos novos índices de linha.

Uma abordagem, válida e factível, que pode ser implementada em uma amostra dessa dimensão seria procurar relações entre os novos índices e a temperatura dos objetos, visto que um dos objetivos deste trabalho é levar em conta as estrelas quentes excluídas da amostra de Christlieb et al. (2001). O índice de cor $(J-K)_0$, obtido pelo 2MASS, foi

escolhido como representante da escala de temperatura. Este índice é muito menos afetado pelo chamado *reddening bias* (onde a cor estimada diretamente pelo espectro do HES é avermelhada) do que, por exemplo, a cor $(B-V)$. Porém, como é mostrado na Seção 4.1.3, o índice de cor $(B-V)$ pode ser utilizado em conjunto com o $(J-K)_0$ para filtrar o excesso de objetos dentro de um determinado intervalo.

Figura 3.6: Distribuição dos novos índices de linha em função do índice de cor $(J-K)_0$.

A distribuição dos índices GPE e EGP em função da cor $(J-K)_0$ é apresentada na Figura 3.6, onde são mostradas estrelas com fotometria 2MASS, com índices de cor dentro do intervalo $0.1 \leq (J-K)_0 \leq 1.1$ e $GPE \geq 30$ (mais detalhes sobre as restrições adotadas podem ser encontradas na Seção 4.1.1), perfazendo um total de 2334334 objetos. A tendência de crescimento dos valores dos índices é esperada, bem como seu comportamento em função da cor. Valores maiores de $(J-K)_0$ representam objetos com temperaturas menores. Dessa forma, a ocorrência de maiores valores dos índices deveria também aumentar com $(J-K)_0$. Porém, nota-se a presença de objetos na porção superior esquerda da Figura 3.6, o que pode denotar a ocorrência de estrelas CEMP com temperaturas mais elevadas, que são um dos

alvos deste trabalho. Dado o grande número de pontos, espera-se que quase todo o plano seja preenchido para valores de GPE e $(J-K)_0$ dentro dos intervalos $(0.4 < (J-K)_0 < 0.7$ e $40 < \text{GPE} < 80$). Porém, esse comportamento pode ser apenas uma consequência do número elevado de pontos. Assim, uma análise mais detalhada se faz necessária, bem como a inspeção visual de parte dos espectros para excluir possíveis erros.

Primeira Subamostra

O objetivo principal deste estudo piloto (ver [Placco et al., 2010a](#)) foi o de testar o índice GPE (descrito em detalhes na Seção 2.2) na base de dados do HES (Capítulo 3), através da comparação da sua eficácia em selecionar estrelas CEMP com a análise em alta resolução disponível (e, por conseguinte, com parâmetros atmosféricos e $[C/Fe]$ determinados; p.e. [Aoki et al., 2007](#)). Esta comparação foi feita a partir de espectros em baixa resolução, extraídos seguindo a mesma metodologia que fora utilizada para as estrelas inéditas, estrelas estas cuja identificação foi um dos objetivos deste trabalho, e cuja motivação foi seu uso em futuros *surveys* dedicados a estrelas CEMP.

Neste Capítulo são descritos todos os procedimentos adotados para testar o índice GPE, desde a seleção de candidatas do HES, passando pelos cálculos dos parâmetros atmosféricos, abundâncias de carbono e estimativas das abundâncias de bário e estrôncio, até a análise dos impactos dessas novas determinações nos cenários propostos para estrelas CEMP.

4.1 Seleção de Candidatas a Estrelas CEMP

O primeiro passo foi obter o índice GPE para uma subamostra selecionada de candidatas do HES, bem como para suas contrapartidas em baixa resolução, das estrelas CEMP estudadas por [Aoki et al. \(2007\)](#). O segundo passo foi examinar o comportamento destes objetos em um diagrama GPE *vs.* $(J-K)_0$, onde a fotometria no infra vermelho próximo foi retirada do 2MASS ([Skrutskie et al., 2006](#)). Sabendo que a maioria das estrelas não apresentará sobreabundância em carbono (ou seja, a intensidade da banda G será proporcional à metalicidade), é possível identificar o local de ocorrência das estrelas CEMP considerando que estas apresentam um desvio da tendência associada às estrelas não enriquecidas.

Para fins de comparação foram calculados, para os espectros em baixa resolução do HES, os índices GPE e EGP das 27 estrelas CEMP presentes no estudo em alta resolução de [Aoki et al. \(2007\)](#). A Tabela 4.1 lista os parâmetros destas estrelas, utilizados ao longo deste Capítulo e do Capítulo 5.

Tabela 4.1 - Parâmetros das estrelas CEMP de [Aoki et al. \(2007\)](#) utilizados neste trabalho.

Nome	(J-K) ₀	GPHEs (Å)	GPE (Å)	EGP (mag)	[Fe/H]	[C/Fe]
HE 0131-3953	0.20	7.3	51.0	-0.56	-2.71	2.45
HE 0039-2635	0.57	6.2	40.9	-0.43	-2.91	2.72
HE 0007-1832	0.25	4.1	33.7	-0.61	-2.65	2.55
HE 0202-2204	0.45	4.8	34.0	-0.59	-1.98	1.16
HE 0206-1916	0.57	7.3	57.8	-0.33	-2.09	2.10
HE 0400-2030	0.50	5.9	38.9	-0.47	-1.73	1.14
HE 1319-1935	0.61	9.3	50.7	-0.26	-1.74	1.45
HE 0507-1653	0.54	8.1	41.6	-0.37	-1.38	1.29
HE 1005-1439	0.50	8.5	49.7	-0.40	-3.17	2.48
HE 1434-1442	0.50	8.1	43.8	-0.44	-2.39	1.95
HE 0012-1441	0.61	7.2	57.1	-0.40	-2.52	1.59
HE 1523-1155	0.55	8.8	52.6	-0.23	-2.15	1.86
HE 0212-0557	0.54	7.0	54.6	-0.36	-2.27	1.74
HE 0441-0652	0.58	6.1	47.0	-0.51	-2.47	1.38
HE 1157-0518	0.56	9.6	57.5	-0.20	-2.34	2.15
HE 1150-0428	0.41	8.0	57.5	-0.30	-3.30	2.37
HE 1429-0551	0.64	8.1	44.9	-0.35	-2.47	2.28
HE 1528-0409	0.51	7.1	56.6	-0.23	-2.61	2.42
HE 1410-0004	0.38	5.4	45.7	-0.63	-3.02	1.99
HE 1410+0213	0.57	5.0	30.8	-0.60	-2.16	1.73
HE 1447+0102	0.50	8.7	57.9	-0.31	-2.47	2.48
HE 1443+0113	0.54	11.9	59.6	-0.24	-2.07	1.84
HE 2158-0348	0.41	10.7	71.5	-0.30	-2.70	1.87
HE 2228-0706	0.47	7.5	48.8	-0.41	-2.41	2.32
HE 2221-0453	0.66	9.9	57.7	-0.08	-2.22	1.83
HE 2232-0603	0.04	10.4	56.2	-0.54	-1.85	1.22
HE 2330-0555	0.53	8.4	57.7	-0.38	-2.78	2.09

4.1.1 Restrições à Base de Dados

Para identificar as candidatas a estrelas CEMP, inicialmente foram impostas as seguintes restrições à base de dados do HES:

- $\text{ph_qual} = \text{AAA}$ (fotometria JHK do 2MASS com precisão <0.11 magnitudes);
- $\text{objtype} = \text{stars}$ (remove fontes extensas e brilhantes);
- $\text{KPHES} < 8.0$ (remove estrelas com a linha Ca II K muito intensas, independentemente da temperatura efetiva);
- $\text{BHES} < 15.5$ (seleção de objetos para observação com o telescópio SOAR);
- $0.15 \leq (J-K)_0 \leq 0.90$ (intervalo de cor adequado para análise de abundâncias).

Este primeiro conjunto de restrições, aplicado à base de dados, gerou uma amostra com 85894 objetos. O índice GPE foi calculado para estes objetos, bem como para os espectros em baixa resolução das estrelas presentes em [Aoki et al. \(2007\)](#), que são de fato estrelas CEMP. A Figura 4.1 mostra a distribuição do índice GPE em função da cor $(J-K)_0$, para a amostra descrita acima e para as estrelas de [Aoki et al. \(2007\)](#). O índice de cor $(J-K)_0$ foi escolhido como indicador de temperatura, pelo fato de que esta última influencia fortemente a intensidade das bandas moleculares de carbono, tais como CN, C_2 e CH, além das linhas da série de Balmer do hidrogênio. O índice de linha é válido pois, para um dado valor de $(J-K)_0$, as estrelas CEMP apresentarão maiores valores de GPE do que as estrelas que não possuem enriquecimento em carbono.

Levando em consideração a localização das estrelas CEMP conhecidas na Figura 4.1, foi determinado um limite inferior para a ocorrência de estrelas enriquecidas em carbono em $\text{GPE} = 30 \text{ \AA}$, o que reduziu o número de candidatas para 6018 estrelas. Foi levantada a possibilidade de que, ao impor tal restrição, potenciais candidatas fossem desprezadas. No entanto, o corte em GPE representa um compromisso entre duas situações antagônicas: (i) um número satisfatório de candidatas a serem exploradas e (ii) o tempo que pode ser dispendido em observações subsequentes. Caso o valor imposto fosse de $35 \text{ \AA}$, a subamostra contaria com apenas 1883 objetos; ademais, para $\text{GPE} = 25 \text{ \AA}$, a subamostra iria conter 26313 objetos, o que impossibilitaria uma inspeção visual.

Figura 4.1: Distribuição do índice GPE em função de $(J-K)_0$, para as 85894 candidatas (pontos cinzas) e estrelas de Aoki et al. (2007) (círculos pretos). A linha sólida horizontal mostra o limite para GPE.

Dentre as motivações para a introdução de um novo índice de linha para a banda G do carbono, pode se destacar o fato de que o índice GPHEs, previamente calculado para a base de dados do HES, é suscetível à saturação ou à contaminação por fortes bandas moleculares de carbono, devido à forma como é estimado o nível do contínuo (ver Seção 2.1 desta tese). A Figura 4.2 exibe a comparação entre os valores de GPE e GPHEs para a primeira subamostra, bem como para as estrelas CEMP de Aoki et al. (2007).

Se ambos os índices descrevessem com sucesso toda a informação contida na banda G, esperaria-se uma relação bem definida entre o comportamento de GPE e GPHEs, semelhante ao apresentado pelas estrelas CEMP estudadas em alta resolução. Porém, é possível notar claramente um desvio em relação à tendência linear para valores de GPE acima de 40 Å, cujos objetos também possuem valores mais altos de $(J-K)_0$, como visto na Figura 4.1. Então, conclui-se que o novo índice traduz com mais fidelidade a informação contida nesta região do espectro. Além disso, outra vantagem do índice GPE sobre os demais (ver Tabela 2.1), é a de que este possui um intervalo dinâmico muito maior (200 Å), o que é crucial para minimizar erros nas medidas dos índices de linha. Pequenos erros de

medida afetam com maior intensidade GPHEs do que GPE, tanto por conta da largura de banda de linha quanto da interpolação linear das bandas laterais.

Figura 4.2: Comparação entre o índice GPHEs previamente calculado para as estrelas do HES e o novo índice GPE. Os círculos pretos em destaque são as estrelas de [Aoki et al. \(2007\)](#).

É importante salientar que as restrições feitas acima não levam em conta a razão sinal/ruído dos espectros, e nem podem distinguir entre espectros considerados satisfatórios e possíveis erros, atribuídos principalmente à sobreposição de objetos, defeitos nas emulsões das placas fotográficas e artefatos presentes nas medidas. Assim, foi necessária a realização de uma inspeção visual nos espectros para classificar as candidatas selecionadas, como exposto a seguir.

4.1.2 Inspeção Visual

Com o intuito de validar os cálculos dos índices de linha para os objetos da primeira subamostra, foi feita a inspeção visual das placas fotográficas digitalizadas do HES que continham as estrelas selecionadas com $GPE \geq 30 \text{ Å}$, perfazendo um total de 6018 objetos. Essa inspeção teve como principal objetivo classificar todas as candidatas por meio da intensidade da linha Ca II K, na presença de linhas de hidrogênio da série de Balmer ou

bandas moleculares de carbono. Além disso, foram filtrados valores espúrios de GPE, que podem ter sido originados por sobreposição de espectros, defeitos na emulsão ou riscos nas placas fotográficas. O procedimento adotado para a inspeção visual seguiu os seguintes passos:

1. Inspeção da placa fotográfica do DSS-I e identificação do objeto de interesse, centralizado na imagem (Painel superior - Figura 4.3);
2. Identificação do espectro da estrela na placa de prisma objetivo digitalizada do HES (Painel central - Figura 4.3);
3. Classificação do objeto a partir da identificação de linhas espectrais e bandas moleculares de interesse (Painel inferior - Figura 4.3).

Figura 4.3: Painel superior: seção da placa fotográfica do DSS-I, centralizada no objeto de interesse. Painel central: placa de prisma objetivo digitalizada do HES. Painel inferior: espectro extraído da estrela de interesse. As linhas verticais identificam as linhas H e K do Ca II (próximas a 4000 Å) e a região da banda G (próxima a 4300 Å).

Para cada objeto inspecionado foi associada uma classificação, a qual será utilizada posteriormente para identificar alvos interessantes para observação. As classes utilizadas neste trabalho são descritas na Tabela 4.2:

Tabela 4.2 - Descrição das classes utilizadas na inspeção visual.

Classe	Descrição	Classe	Descrição
mpca	Linha Ca II K ausente	fhlc	Bandas moleculares de carbono intensas
mpcb	Linha Ca II K fraca	unid	Linha Ca II K não encontrada
mpcc	Linha Ca II K forte	hbab	Ramo Horizontal/tipo espectral A ou B
nois	Baixa razão sinal-ruído	habs	Linhas intensas de H em absorção
ovl	Sobreposição de espectros	art	Defeitos nas placas fotográficas

A Figura 4.4 mostra exemplos de espectros do HES para cada uma das classes descritas na Tabela 4.2. Além disso, em cada um dos painéis estão destacadas as principais características espectrais utilizadas na classificação dos objetos.

Assim, após aplicar as restrições à base de dados e determinar o valor de GPE para o qual espera-se encontrar candidatas a estrelas CEMP, foi feita a inspeção visual dos 6018 objetos pré-selecionados. A Tabela 4.3 mostra a distribuição das estrelas de acordo com as classes mostradas na Tabela 4.2.

Tabela 4.3 - Distribuição das candidatas selecionadas via inspeção visual.

Classe	nº de objetos	Classe	nº de objetos	Classe	nº de objetos
mpca	4	fhlc	30	nois	277
mpcb	280	unid	143	ovl	79
mpcc	4614	hbab	218	art	123
		habs	73		

Nota-se que a maioria dos espectros apresenta a linha K do Ca II intensa, sendo que a fração de estrelas com esta linha fraca ou inexistente é bem menor. Esse fato reproduz a forma da distribuição de metalicidade no halo da Galáxia, que mostra uma diminuição considerável do número de objetos com o decréscimo no valor da metalicidade (Beers e Christlieb, 2005). Diferentemente da classe *mpca*, onde a ausência da linha K do cálcio sugere uma metalicidade muito baixa, nos objetos classificados como *unid* não é possível identificar as linhas do Ca II, pois estes objetos possuem um baixo fluxo na região mais azul do espectro. Porém, ainda assim é possível identificar a banda G.

Figura 4.4: Exemplos de objetos que caracterizam as classes descritas na Tabela 4.2.

Os objetos pertencentes às classes *hbab* e *habs*, que possuem linhas de hidrogênio em absorção, representam aproximadamente 5% do total da subamostra. A diferença principal entre as duas classes está na intensidade da descontinuidade de Balmer, em torno de 3650 Å. Essa descontinuidade consiste em uma queda abrupta na distribuição espectral de energia de uma estrela para comprimentos de onda próximos ao limite da série de Balmer (~ 3645 Å), provocada pela absorção do contínuo por átomos de hidrogênio. A descontinuidade de Balmer atinge um máximo para estrelas de tipo A0 quando na sequência principal. Porém, tanto para a classe *hbab* quanto para a classe *habs*, a linha $H\gamma$ em 4340 Å contamina significativamente a região da banda G, o que fornece um valor superestimado para o índice GPE.

Em menor número também encontra-se a classe *fhlc*. Estas estrelas (que apresentam intensas bandas moleculares de carbono) foram pré-selecionadas porque possuem, mesmo com temperaturas menos elevadas, a banda G pronunciada e uma banda de CN intensa em 4216 Å. Além disso, esta classe de objetos também preenche os requisitos em magnitude e KPHES. Vale lembrar que estas estrelas não são o foco principal desta análise, e possuem outros métodos de seleção, como por exemplo o de [Christlieb et al. \(2001\)](#). Mesmo assim, espera-se que estes objetos estejam presentes na subamostra.

Já as classes *nois*, *ovl* e *art* representam os objetos que foram excluídos do restante da análise. Para estas classes, o cálculo do contínuo (e consequentemente o valor do índice) é superestimado devido a, por exemplo, uma superposição de espectros, baixa razão sinal ruído e descontinuidades no espectro, que geram contaminação no índice de linha. A Figura 4.5 mostra o comportamento do índice GPE em função de $(J-K)_0$ para os objetos da Tabela 4.3, com exceção das classes *nois*, *ovl* e *art*.

Ao inspecionar a Figura 4.5, nota-se que a maioria das estrelas localizadas à esquerda – $(J-K)_0 < 0.3$ – do gráfico exhibe linhas intensas de hidrogênio. Esses objetos, como visto acima, representam uma contaminação na amostra, e foram pré-selecionados pois possuem uma proeminente linha $H\gamma$ (4340 Å), que contribui significativamente para o índice GPE. Mesmo assim, duas estrelas CEMP de [Aoki et al. \(2007\)](#) encontram-se na região $(J-K)_0 \sim 0.2$, porém com valores de GPE significativamente maiores que os demais objetos nesta região. Então, pode-se aumentar a restrição em GPE nesta região ou utilizar (como mostrado no Capítulo 5) o índice EGP como parâmetro auxiliar na pré-seleção de objetos.

Figura 4.5: Diagrama índice-cor para as estrelas que foram submetidas à inspeção visual, divididas de acordo com as classes definidas na Tabela 4.3. As estrelas presentes em Aoki et al. (2007) estão representadas pelos símbolos em verde.

Já para o restante da distribuição – $(J-K)_0 > 0.3$, a intensidade desta linha diminui com a temperatura, fazendo com que sua influência deixe de ser limitante para a análise.

Em contrapartida, na região onde concentram-se objetos mais vermelhos – $(J-K)_0 > 0.7$, observa-se a predominância de objetos da classe *unid*. Este comportamento é esperado, visto que estes objetos são mais frios ($T_{\text{eff}} \sim 4500\text{K}$) que os demais. Assim, o sinal proveniente da parte azul do espectro é reduzido, prejudicando a identificação (e medida da intensidade) da linha K do Ca II.

4.1.3 Seleção no Plano Cor vs. Índice de Linha

Uma das dificuldades encontradas no método de seleção descrito na Seção 4.1.2 foi a de que a subamostra é dominada por um grande número de estrelas que apresentam a linha K do Ca II muito intensa (*mpcc*), sendo que muitas delas podem ser mais ricas em metais do que as estrelas CEMP que este trabalho se propôs a identificar. Para reduzir o número desses objetos, foi adotada uma versão menos restritiva do método de seleção proposto por

Christlieb et al. (2008) no espaço de parâmetros que engloba o índice de linha KP¹ e as cores $(J-K)_0$ ou $(B-V)$.

A partir de um conjunto de valores aleatórios para KP e o índice de cor escolhido, são utilizadas relações semelhantes às descritas em, por exemplo, Rossi et al. (2005), para calcular as metalicidades desta amostra. A seguir, é feita uma regressão polinomial entre os parâmetros para os pares de dados que satisfaçam a restrição imposta para metalicidade. Para a presente subamostra, foi utilizado o valor $[Fe/H] = -2.0$, com as seguintes regressões para $(J-K)_0$ e $(B-V)$, adaptadas de Christlieb et al. (2008):

$$\begin{aligned} KP([Fe/H] = -2.0) = & -2.37 + 14.75 \cdot (J - K)_0 + 40.39 \cdot (J - K)_0^2 \\ & - 90.64 \cdot (J - K)_0^3 + 51.52 \cdot (J - K)_0^4 \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} KP([Fe/H] = -2.0) = & 18.24 - 155.03 \cdot (B - V) + 504.44 \cdot (B - V)^2 \\ & - 683.79 \cdot (B - V)^3 + 421.71 \cdot (B - V)^4 - 97.22 \cdot (B - V)^5 \end{aligned} \quad (4.2)$$

É importante ressaltar que eventuais erros nas medidas do índice KP permitem (devido ao grande número de candidatas) que muitas estrelas com $-2.0 \leq [Fe/H] \leq -1.0$ entrem na amostra. Se o corte de metalicidade imposto estivesse mais próximo de $[Fe/H] \sim -1.0$, o número de estrelas com altas abundâncias tornar-se-ia proibitivo. A Figura 4.6 mostra a distribuição das estrelas de classe *mpcc* para ambas as cores mencionadas acima e suas respectivas regressões associadas à metalicidade constante.

A seleção final das candidatas a estrelas CEMP incluiu todas as estrelas onde: (i) a linha K do Ca II encontrava-se ausente (*mpca*), (ii) fraca (*mpcb*) ou (iii) não encontrada (*unid*), (iv) estrelas com bandas de carbono molecular intensas (*fhlc*) e também (v) as estrelas de classe *mpcc* que possuissem índice KP abaixo de pelo menos uma das regressões para metalicidade constante (pontos cinzas na Figura 4.6).

Tendo em vista a dimensão do HES e o número de publicações associadas aos seus objetos, foi realizada uma busca detalhada por objetos que já haviam sido alvo de outros estudos (incluindo estrelas pobres em metais e estrelas ricas em carbono conhecidas). Feita a identificação, todos os objetos já publicados foram excluídos, resultando em uma subamostra com 669 candidatas inéditas a estrelas CEMP.

¹ O índice KP, definido por Beers et al. (1999), mede a intensidade da linha K do Ca II.

Figura 4.6: Paineis superiores: Ajustes polinomiais para valores constantes de metalicidade, baseados em Christlieb et al. (2008). Paineis inferiores: Critério de seleção para eliminar estrelas com a linha K do Ca II intensa (*mpcc*). Os pontos pretos representam as estrelas onde a linha K do Ca II encontra-se ausente (*mpca*), fraca (*mpcb*) ou não encontrada (*unid*). Os pontos cinzas representam as estrelas *mpcc*, e são selecionadas aquelas que se encontram abaixo da linha $[\text{Fe}/\text{H}] \leq -2.0$ para ao menos um dos índices de cor.

4.2 Validação das Candidatas a Estrelas CEMP

Um passo muito importante na seleção de candidatas é a confirmação de seu *status* de estrela CEMP. Para tanto, foram obtidos um número limitado de espectros em média resolução na faixa óptica do espectro com o telescópio SOAR de 4.1m. Após a observação e redução dos dados, foram obtidas estimativas para os parâmetros atmosféricos e medidas de $[\text{C}/\text{Fe}]$. Detalhes sobre as observações, procedimentos de redução e subsequente análise são fornecidos a seguir.

4.2.1 Observações Espectroscópicas em Média Resolução

A espectroscopia em média resolução de 132 das 669 candidatas a estrelas CEMP selecionadas foi obtida com o espectrógrafo *Goodman*², acoplado ao telescópio SOAR, entre o segundo semestre 2008 e o segundo semestre de 2009. As observações foram feitas em modo clássico, a partir das salas de observação remota instaladas no Departamento de Astronomia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo e no Departamento de Física e Astronomia da *Michigan State University*, em colaboração com pesquisadores desta instituição.

O espectrógrafo *Goodman* opera em diversos modos de observação. Para este trabalho, foi utilizada a rede de 600 l mm^{-1} na configuração azul (intervalo de comprimento de onda: 3550-5500 Å), com uma fenda de $1''.03$, alcançando um poder resolutor $R \sim 1500$ (resolução de $\sim 3.5 \text{ Å}$). Esta resolução foi escolhida devido à sua similaridade com a resolução dos espectros obtidos pelo SDSS, uma vez que foram utilizadas as mesmas ferramentas para a determinação dos parâmetros atmosféricos (ver Seção 4.2.2 para mais detalhes).

Os procedimentos de calibração incluíram *bias*, *flat-fields* e também espectros de lâmpadas de HgAr e Cu, tomados logo após a observação de cada objeto do programa. Os tempos de exposição para a maioria das estrelas observadas está na faixa de 10-20 minutos (para atingir $S/N > 40$ na região da banda G). Também foram observadas estrelas-padrão, utilizadas para determinação de velocidades radiais, extraídas do catálogo de Carney e Latham (1986). Tarefas como subtração de *bias*, correção por *flat-fields*, extração de espectros, calibração em comprimento de onda e normalização de contínuo foram todas realizadas utilizando os pacotes padrão do IRAF.

A Tabela 4.4 lista, para as candidatas observadas, as coordenadas equatoriais (J2000), magnitude BHES, $(J-K)_0$, GPE, KPHEs, GPHEs (em Å) e a classe designada de acordo com a Tabela 4.2. Os espectros em média resolução para algumas estrelas selecionadas podem ser vistos na Figura 4.7, organizados em ordem crescente de $(J-K)_0$. A relação completa dos espectros das 132 candidatas observadas encontra-se no Apêndice A.

² <http://www.soartlescope.org/observing/goodman-high-throughput-spectrograph>

Tabela 4.4 - Parâmetros estelares e índices de linha ($\text{\AA}$) para as candidatas observadas.

Nome	$\alpha(\text{J2000})$	$\delta(\text{J2000})$	BHES	$(\text{J}-\text{K})_0$	GPE	KPHES	GPHEs	Classe
HE 0008+0049	00:11:10.5	+01:05:51	14.5	0.58	32.0	7.2	4.7	mpcb
HE 0024-0550	00:26:33.7	-05:33:35	14.7	0.42	30.4	6.0	3.2	mpcc
HE 0034-0011	00:36:51.2	+00:05:29	15.0	0.36	29.7	5.5	5.2	mpcc
HE 0035-5803	00:37:27.3	-57:47:27	15.0	0.36	31.3	7.4	4.1	mpcc
HE 0053-0356	00:56:04.7	-03:40:40	14.7	0.38	36.5	6.1	6.1	mpcb
HE 0058+0141	01:01:16.5	+01:57:46	15.0	0.26	28.6	6.4	2.4	mpcb
HE 0100-4957	01:02:13.8	-49:41:29	15.0	0.58	37.8	7.7	2.8	mpcc
HE 0102-0004	01:05:09.8	+00:11:38	14.3	0.32	29.3	6.1	3.9	mpcb
HE 0118-4834	01:20:18.4	-48:19:12	14.7	0.37	37.4	5.4	5.5	mpcb
HE 0156-5608	01:58:38.8	-55:54:25	14.9	0.49	30.7	6.8	5.0	mpcc
HE 0159-5216	02:01:40.6	-52:02:15	14.7	0.49	32.6	7.5	5.4	mpcc
HE 0214-0818	02:16:44.1	-08:04:31	14.8	0.31	32.9	6.8	4.0	mpcb
HE 0307-5339	03:08:42.2	-53:28:20	14.9	0.44	43.5	7.3	7.6	mpcb
HE 0316-2903	03:18:14.7	-28:52:51	14.7	0.47	37.8	6.7	5.9	mpcc
HE 0320-1242	03:23:07.3	-12:31:27	15.0	0.42	38.1	6.9	3.9	mpcb
HE 0322-3720	03:24:27.8	-37:09:57	14.2	0.62	39.9	7.9	5.5	mpcb
HE 0336-3948	03:38:43.3	-39:38:22	14.9	0.37	30.7	6.0	5.0	mpcc
HE 0340-3933	03:41:56.5	-39:24:06	14.6	0.34	33.0	6.6	4.0	mpcc
HE 0345+0006	03:48:19.4	+00:15:10	15.1	0.53	30.6	6.6	4.0	mpcc
HE 0405-4411	04:07:14.2	-44:03:53	15.1	0.32	31.8	6.9	1.7	unid
HE 0414-4645	04:16:10.2	-46:38:17	15.1	0.34	34.1	5.7	3.4	mpcc
HE 0440-5525	04:42:00.1	-55:19:30	15.0	0.34	32.0	6.4	4.1	mpcb
HE 0444-3536	04:46:39.5	-35:31:07	14.7	0.49	43.2	7.7	6.3	mpcc
HE 0449-1617	04:52:01.4	-16:12:11	15.1	0.42	31.7	6.7	3.8	mpcb
HE 0451-3127	04:53:45.5	-31:22:18	15.1	0.50	30.4	6.6	4.4	mpcc
HE 0500-5603	05:01:41.2	-55:58:46	14.7	0.80	35.6	7.9	5.8	mpcc
HE 0509-1611	05:11:30.0	-16:07:43	15.1	0.52	41.7	7.8	7.1	mpcc
HE 0511-3411	05:13:40.7	-34:08:16	15.0	0.37	33.1	6.4	4.5	mpcc
HE 0514-5449	05:15:11.9	-54:46:21	15.0	0.31	31.0	6.3	3.2	mpcb
HE 0518-3941	05:20:23.1	-39:38:18	14.6	0.18	30.9	6.0	2.5	mpcc
HE 0535-4842	05:36:51.6	-48:40:50	14.7	0.39	30.5	7.8	5.1	unid
HE 0536-5647	05:37:18.1	-56:46:08	14.1	0.49	31.5	7.4	4.1	mpcb
HE 0537-4849	05:38:39.1	-48:47:36	14.9	0.39	30.5	7.8	4.0	mpcb
HE 0901-0003	09:03:53.6	+00:15:48	15.1	0.43	31.1	7.5	4.6	mpcc
HE 0910-0126	09:13:26.1	-01:39:19	14.8	0.26	28.8	4.5	2.9	mpcb
HE 0912+0200	09:15:30.1	+01:47:29	15.1	0.50	45.4	7.6	8.9	mpcc
HE 0918-0156	09:21:06.2	-02:08:58	15.1	0.84	53.2	7.9	7.7	mpcc
HE 0922-0337	09:25:15.3	-03:50:36	14.7	0.61	33.3	8.0	5.1	mpcc
HE 0923-0323	09:26:00.7	-03:36:57	15.1	0.39	30.2	7.8	5.0	mpcc
HE 0928+0003	09:30:33.2	+00:10:08	14.9	0.75	68.0	7.3	8.0	unid

Tabela 4.4 (Continuação)

Nome	α (J2000)	δ (J2000)	BHES	(J-K) ₀	GPE	KPHES	GPHEs	Classe
HE 0928+0059	09:31:07.0	+00:46:43	14.8	0.27	30.9	7.5	4.4	mpcb
HE 0933-0733	09:36:09.5	-07:46:57	15.1	0.38	41.5	7.8	6.0	mpcb
HE 0934-1058	09:36:33.7	-11:11:42	14.9	0.67	44.8	7.9	6.1	fhlc
HE 0948+0107	09:51:27.8	+00:53:21	14.9	0.50	31.6	5.8	3.6	mpcb
HE 0948-0234	09:51:09.5	-02:48:21	15.1	0.37	34.0	7.6	4.4	mpcb
HE 0950-0401	09:52:43.7	-04:16:03	14.1	0.34	36.3	6.4	5.7	mpcb
HE 0950-1248	09:53:04.3	-13:03:07	15.0	0.38	33.7	7.0	4.8	mpcc
HE 0951+0114	09:53:55.5	+01:00:29	14.9	0.63	59.9	7.8	5.5	mpcb
HE 1001-1621	10:03:54.8	-16:35:45	15.0	0.40	34.4	6.2	4.5	mpcc
HE 1002-1405	10:04:35.4	-14:19:54	14.1	0.36	38.8	7.5	4.9	mpcc
HE 1007-1524	10:09:38.2	-15:39:20	15.0	0.36	32.3	6.9	4.6	mpcc
HE 1009-1342	10:12:10.0	-13:57:17	15.0	0.85	62.7	8.0	5.5	unid
HE 1009-1613	10:11:26.5	-16:28:40	14.4	0.40	39.6	7.0	6.9	mpcc
HE 1009-1646	10:12:11.5	-17:01:17	15.1	0.40	39.2	6.6	7.5	mpcc
HE 1010-1445	10:13:03.8	-15:00:51	15.0	0.56	30.6	6.9	5.8	mpcc
HE 1022-0730	10:24:39.3	-07:45:59	14.9	0.37	30.2	7.7	5.3	mpcb
HE 1027-1217	10:29:29.9	-12:32:31	15.1	0.43	35.2	5.4	3.1	mpcb
HE 1028-1505	10:31:23.4	-15:20:46	15.0	0.62	33.5	7.8	4.4	mpcc
HE 1039-1019	10:42:25.4	-10:34:51	14.9	0.40	36.2	7.8	4.8	mpcb
HE 1045+0226	10:48:03.4	+02:10:47	15.0	0.57	53.6	7.4	8.9	mpcb
HE 1046-1644	10:49:13.4	-17:00:19	14.7	0.55	30.2	7.0	4.4	mpcb
HE 1049-0922	10:52:26.2	-09:38:33	14.7	0.58	48.4	8.0	5.5	unid
HE 1049-1025	10:51:44.2	-10:41:05	14.1	0.45	54.7	7.4	9.6	mpcb
HE 1104-0238	11:07:00.4	-02:54:17	15.0	0.90	33.8	7.9	5.5	unid
HE 1110-1625	11:13:05.4	-16:41:29	15.0	0.38	33.4	6.9	5.4	mpcc
HE 1112-0203	11:14:48.6	-02:19:26	14.2	0.83	45.3	7.9	5.9	unid
HE 1125-1343	11:28:26.1	-13:59:58	15.0	0.66	36.1	7.1	5.4	mpcc
HE 1129-1405	11:32:19.2	-14:21:44	15.1	0.48	33.0	6.5	4.9	mpcc
HE 1132-0915	11:35:24.9	-09:32:33	14.7	0.39	31.8	4.8	3.4	mpcc
HE 1133-0802	11:35:59.0	-08:18:43	14.9	0.49	40.4	8.0	7.1	mpcc
HE 1135-0800	11:38:23.9	-08:16:57	15.1	0.54	32.7	6.0	4.9	mpcb
HE 1137-1259	11:39:37.2	-13:15:52	15.0	0.58	35.0	7.3	5.3	mpcb
HE 1142-0637	11:45:00.8	-06:54:18	14.9	0.57	34.3	7.4	3.8	mpcc
HE 1146-1040	11:49:24.5	-10:56:41	15.0	0.50	40.9	7.6	5.4	mpcc
HE 1146-1126	11:49:09.5	-11:43:02	14.9	0.58	34.9	6.5	5.3	mpcc
HE 1147-1057	11:49:33.0	-11:14:26	15.1	0.38	33.2	5.7	4.4	mpcb
HE 1148-1020	11:51:11.4	-10:37:32	15.0	0.41	36.2	7.7	3.6	mpcb
HE 1148-1025	11:50:49.8	-10:41:42	14.8	0.42	38.5	6.9	6.1	mpcb
HE 1212-1123	12:14:36.7	-11:39:48	15.1	0.29	31.5	6.2	3.9	mpcb
HE 1217-1054	12:19:56.9	-11:11:27	14.9	0.55	38.3	7.6	6.0	mpcc

Tabela 4.4 (Continuação)

Nome	$\alpha(J2000)$	$\delta(J2000)$	BHES	$(J-K)_0$	GPE	KPHES	GPHEs	Classe
HE 1217–1633	12:20:30.2	–16:49:44	14.8	0.52	56.5	7.7	9.7	fhlc
HE 1222–1631	12:24:59.5	–16:48:15	14.8	0.57	34.1	7.7	5.7	mpcc
HE 1223–0930	12:26:01.9	–09:47:35	14.5	0.50	45.8	7.4	8.2	fhlc
HE 1224–0723	12:27:15.1	–07:40:21	14.9	0.41	38.9	6.7	5.1	mpcc
HE 1224–1043	12:26:51.5	–11:00:35	14.8	0.36	33.5	4.8	2.5	mpcc
HE 1228–0750	12:31:30.3	–08:06:38	15.0	0.30	30.3	4.8	1.9	mpcb
HE 1228–1438	12:30:44.6	–14:55:05	14.5	0.89	42.6	8.0	7.9	mpcb
HE 1231–3136	12:34:31.2	–31:52:39	15.1	0.33	30.3	5.6	2.2	mpcb
HE 1255–2734	12:58:18.4	–27:50:23	14.3	0.43	36.8	5.6	5.9	mpcc
HE 1301+0014	13:03:45.8	+00:01:28	15.1	0.46	32.6	5.2	3.3	mpcc
HE 1301–1405	13:04:03.6	–14:21:30	15.1	0.48	34.3	6.7	4.8	mpcc
HE 1302–0954	13:04:58.2	–10:10:11	14.5	0.49	32.8	7.4	5.1	mpcb
HE 1311–3002	13:13:59.7	–30:18:21	14.3	0.58	34.8	8.0	7.2	fhlc
HE 1320–1130	13:23:37.0	–11:46:03	15.1	0.34	34.4	7.0	4.7	mpcb
HE 1320–1641	13:23:11.9	–16:56:38	15.0	0.87	43.5	7.9	6.9	mpcc
HE 1321–1652	13:24:27.3	–17:07:48	15.0	0.35	43.3	5.8	7.1	mpcc
HE 1343+0137	13:46:17.3	+01:22:29	15.1	0.41	28.3	5.5	2.5	mpcc
HE 1408–0444	14:10:50.4	–04:58:51	14.7	0.22	31.2	2.2	2.8	mpcb
HE 1409–1134	14:11:43.4	–11:49:02	15.0	0.36	36.4	7.9	4.3	mpcb
HE 1410–0549	14:13:21.7	–06:03:33	14.9	0.25	31.0	6.1	1.4	mpcb
HE 1414–1644	14:17:03.4	–16:58:23	14.6	0.47	32.8	6.0	4.7	mpcc
HE 1418–1634	14:20:51.0	–16:47:46	15.1	0.54	30.5	7.0	6.1	mpcc
HE 1428–0851	14:30:40.6	–09:05:09	14.9	0.53	30.5	6.2	2.4	mpcc
HE 1430–1518	14:32:56.4	–15:31:35	14.9	0.79	45.9	7.6	10.1	unid
HE 1447–1533	14:49:54.5	–15:46:22	14.3	0.83	34.5	7.9	6.9	mpcc
HE 1448–1406	14:50:53.1	–14:19:14	14.9	0.37	30.4	5.8	2.7	mpcb
HE 1451–0659	14:54:03.0	–07:11:40	14.5	0.63	37.0	7.9	5.6	mpcb
HE 1458–0923	15:00:45.4	–09:35:49	14.4	0.41	47.9	6.6	6.9	mpcb
HE 1458–1022	15:01:35.7	–10:33:54	14.7	0.54	30.2	7.0	5.3	mpcc
HE 1458–1226	15:01:32.8	–12:37:57	15.1	0.47	43.5	7.4	6.9	mpcc
HE 1504–1534	15:07:46.2	–15:45:31	14.8	0.85	38.9	8.0	7.3	mpcc
HE 1505–0826	15:08:04.7	–08:38:22	14.9	0.25	32.2	7.5	3.6	mpcb
HE 1507–1055	15:10:09.9	–11:07:19	14.9	0.80	39.3	7.8	8.8	mpcc
HE 1507–1104	15:09:45.4	–11:16:09	15.1	0.90	46.3	7.3	8.3	mpcb
HE 1512+0149	15:15:08.3	+01:38:05	15.0	0.67	54.6	7.1	8.7	mpcc
HE 1516–0107	15:18:54.0	–01:18:50	15.0	0.43	35.1	5.0	4.5	mpcb
HE 1518–0541	15:21:20.6	–05:52:08	14.1	0.54	32.4	6.8	3.5	mpcb
HE 1527–0740	15:30:18.5	–07:50:50	15.1	0.44	37.8	6.2	1.7	mpcb
HE 1529–0838	15:31:54.8	–08:48:39	15.1	0.38	36.4	7.9	4.9	mpcb
HE 2025–5221	20:29:38.6	–52:11:22	14.8	0.39	39.1	4.7	6.1	mpcc

Tabela 4.4 (Continuação)

Nome	α (J2000)	δ (J2000)	BHES	$(J-K)_0$	GPE	KPHES	GPHEs	Classe
HE 2052–5610	20:56:34.9	–55:59:17	15.0	0.27	39.9	6.0	7.0	mpcc
HE 2112–5236	21:16:09.2	–52:23:30	14.8	0.52	43.5	7.1	7.0	mpcc
HE 2117–6018	21:21:26.2	–60:05:33	15.0	0.59	31.7	6.6	4.9	mpcc
HE 2140–4746	21:44:06.1	–47:32:59	14.7	0.36	30.6	5.8	3.1	mpcc
HE 2151–0332	21:53:58.6	–03:18:09	15.0	0.47	40.0	5.7	5.1	mpcb
HE 2201–1108	22:04:08.4	–10:53:33	15.0	0.29	39.3	6.0	4.2	mpcb
HE 2207–0912	22:10:13.4	–08:57:29	15.0	0.41	36.8	4.3	1.5	mpcc
HE 2209–1212	22:11:44.1	–11:57:37	14.6	0.30	39.8	5.1	4.3	mpcb
HE 2219–1357	22:22:28.2	–13:42:06	14.9	0.20	30.3	4.4	2.3	mpcb
HE 2231–0710	22:33:56.1	–06:54:35	14.6	0.43	57.4	1.2	7.7	mpcb
HE 2257–5710	23:00:40.4	–56:54:15	14.7	0.51	31.6	6.6	5.3	mpcc
HE 2353–5329	23:55:49.3	–53:12:39	13.9	0.29	33.0	4.6	4.1	mpcc

Figura 4.7: Exemplo de candidatas à estrelas CEMP observadas segundo o novo critério de índice de linha. Os espectros foram tomados com o espectrógrafo *Goodman* no telescópio SOAR.

4.2.2 Parâmetros Atmosféricos e Abundâncias de Carbono

Para obtenção das estimativas dos parâmetros atmosféricos ($[\text{Fe}/\text{H}]$, $\log g$ e T_{eff}) para as candidatas a estrelas CEMP, foi utilizado o conjunto de rotinas do SSPP (*SEGUE Stellar Parameter Pipeline* - veja [Lee et al., 2008](#), para uma descrição detalhada do método); os resultados estão listados na Tabela 4.5, juntamente com a velocidade radial e valor do erro associado. As duas últimas colunas referem-se, respectivamente, às abundâncias de carbono e seus respectivos erros, cujo método de cálculo é discutido a seguir.

O SSPP utilizou uma série de rotinas para calcular os parâmetros atmosféricos a partir dos espectros em média resolução do *Goodman*. Para a determinação da temperatura efetiva foram utilizados três métodos: (i) a partir do índice de cor $(J-K)_0$; (ii) a partir de índices de linha para a série de Balmer do hidrogênio e; (iii) a partir da linha K do Ca II. Já o $\log g$ é calculado através das linhas do Ca I (4227 Å) e do MgH (~ 5170 Å), e por calibrações com as temperaturas efetivas. A metalicidade, por sua vez, é calculada tanto pelos índices KP (linha K do Ca II, ver [Beers et al., 1999](#), para mais detalhes) quanto por comparações e interpolações com grades de espectros sintéticos da literatura (ver [Lee et al., 2008](#)). Após a realização dos cálculos, o SSPP faz uma média dos valores encontrados e, utilizando métodos estatísticos, rejeita valores considerados incompatíveis.

Mesmo assim, foi feita uma inspeção visual nos espectros sintéticos e observados (ver Figura 4.8) com o objetivo de assegurar que os valores utilizados estavam realmente associados aos melhores ajustes. Deste modo, foi constatado que os valores de temperatura que melhor se adequavam à amostra eram aqueles determinados por calibrações utilizando o índice de cor $(J-K)_0$, em oposição aos cálculos feitos à partir das linhas de hidrogênio da série de Balmer, provavelmente relacionado ao intervalo de temperaturas no qual as estrelas da amostra se encontram. Para os valores de $\log g$, foi utilizada a média das determinações para todos os objetos. Isso mostra que os métodos aplicados para os cálculos são satisfatórios para um grande intervalo, englobando tanto estrelas anãs quanto gigantes. Enfim, para a metalicidade, uma fração próxima de 90% dos objetos utilizou o valor médio das determinações. Alguns objetos, no limite de magnitude imposto para a seleção, possuem espectros com nível de ruído mais elevado que os demais, o que acarretou em incertezas maiores no cálculo das metalicidades. Dessa forma, para estes últimos, o valor final de metalicidade foi determinado a partir da intensidade da linha K do Ca II.

Tabela 4.5 - Parâmetros atmosféricos e $[C/Fe]$ para as candidatas observadas.

Nome	V (km/s)	σ_V (km/s)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cgs)	[Fe/H]	[C/Fe] ^a	$\sigma_{[C/Fe]}$
HE 0008+0049	-27.6	13.3	5054	4.27	-1.73	0.26	0.13
HE 0024-0550	80.6	7.2	5761	4.39	-1.94	0.44	0.06
HE 0034-0011	-173.0	18.3	6111	4.39	-2.16	1.73	0.13
HE 0035-5803	78.7	25.7	6083	4.57	-0.65	1.00	0.05
HE 0053-0356	-5.8	13.6	6004	4.39	-1.98	1.73	0.13
HE 0058+0141	17.1	10.5	6670	4.57	-0.46	0.77	0.07
HE 0100-4957	184.2	17.2	5050	2.61	-2.32	-0.11	0.20
HE 0102-0004	-106.2	13.2	6314	3.93	-2.20	1.19	0.19
HE 0118-4834	-86.0	28.0	6015	4.50	-2.34	2.09	0.25
HE 0156-5608	279.0	8.1	5431	4.32	-2.02	0.77	0.06
HE 0159-5216	42.3	8.0	5413	3.80	-1.90	0.77	0.09
HE 0214-0818	46.6	4.7	6379	4.34	-1.12	1.25	0.09
HE 0307-5339	207.5	37.1	5689	4.32	-1.96	1.06	0.25
HE 0316-2903	269.3	21.4	5528	4.43	-2.29	1.04	0.13
HE 0320-1242	123.8	14.3	5745	4.39	-0.88	0.17	0.20
HE 0322-3720	-3.5	21.3	4901	4.71	-0.96	0.10	0.20
HE 0336-3948	165.3	2.7	6066	4.52	-0.64	0.44	0.07
HE 0340-3933	-1.1	6.2	6226	4.57	-0.28	0.06	0.20
HE 0345+0006	17.2	13.2	5262	3.32	-2.50	0.18	0.06
HE 0405-4411	126.1	11.3	6337	4.05	-1.14	0.89	0.13
HE 0414-4645	92.0	24.8	6197	4.59	-1.02	0.77	0.06
HE 0440-5525	87.3	25.2	6186	4.25	-1.18	0.52	0.19
HE 0444-3536	181.6	16.4	5417	3.96	-1.57	1.16	0.13
HE 0449-1617	116.7	15.0	5756	4.50	-1.07	0.06	0.20
HE 0451-3127	342.4	26.2	5373	3.59	-2.97	1.13	0.13
HE 0500-5603	156.0	23.6	4273	1.64	-1.61	-0.50	0.20
HE 0509-1611	114.7	22.3	5279	3.80	-1.03	0.36	0.13
HE 0511-3411	98.9	34.3	6055	4.57	-0.44	0.38	0.05
HE 0514-5449	182.7	8.4	6414	4.16	-0.86	0.32	0.20
HE 0518-3941	58.7	36.4	7153	3.34	-0.49	1.00	0.20
HE 0535-4842	78.3	21.0	5910	4.43	-0.99	0.48	0.13
HE 0536-5647	180.3	22.5	5417	4.02	-1.39	-0.12	0.20
HE 0537-4849	92.9	23.3	5938	4.71	-0.30	0.10	0.20
HE 0901-0003	30.4	20.0	5720	4.64	-0.69	0.88	0.13
HE 0910-0126	197.4	16.9	6694	3.89	-1.92	1.03	...
HE 0912+0200	83.5	15.2	5395	4.48	-0.75	-0.09	0.20
HE 0918-0156	99.6	16.8	4237	1.61	-1.12	0.18	0.20

Tabela 4.5 (Continuação)

Nome	V (km/s)	σ_V (km/s)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cgs)	[Fe/H]	[C/Fe] ^a	$\sigma_{[\text{C}/\text{Fe}]}$
HE 0922–0337	78.3	62.2	4943	4.14	–1.38	–0.14	0.20
HE 0923–0323	127.9	17.7	5905	4.27	–0.48	0.46	0.27
HE 0928+0003	–133.9	70.5	4402	4.09	–1.14	–0.11	0.20
HE 0928+0059	13.6	7.8	6598	4.39	–0.83	0.59	0.09
HE 0933–0733	61.7	16.7	5982	4.39	–1.03	0.77	0.14
HE 0934–1058	–406.9	37.1	4702	3.14	–1.77	–0.50	0.25
HE 0948+0107	514.9	5.2	5382	4.46	–2.14	0.20	0.06
HE 0948–0234	147.3	54.4	6021	4.55	–0.44	0.38	0.19
HE 0950–0401	144.0	14.4	6197	4.46	–1.62	2.01	0.13
HE 0950–1248	87.6	18.3	5982	4.41	–0.30	0.10	0.20
HE 0951+0114	–255.2	32.9	4882	4.61	–1.32	–0.50	0.20
HE 1001–1621	–10.4	26.2	5888	4.30	–0.92	0.17	0.20
HE 1002–1405	99.2	9.5	6077	4.50	–0.44	0.38	0.05
HE 1007–1524	96.5	18.3	6077	4.43	–0.64	0.46	0.19
HE 1009–1342	–154.3	17.3	4242	4.30	–1.72	0.02	0.20
HE 1009–1613	91.0	11.8	5883	4.34	–0.67	0.84	0.15
HE 1009–1646	21.3	39.6	5883	4.46	–0.70	0.41	0.13
HE 1010–1445	202.0	14.0	5117	3.43	–0.89	–0.03	0.20
HE 1022–0730	110.3	11.4	6060	4.41	–1.58	0.99	0.13
HE 1027–1217	146.6	27.5	5720	2.00	–1.49	...	...
HE 1028–1505	65.4	33.9	4886	3.84	–0.57	0.04	0.20
HE 1039–1019	117.1	12.4	5878	4.55	–0.67	0.92	0.08
HE 1045+0226	214.2	21.5	5109	1.90	–3.05	2.30	0.25
HE 1046–1644	–39.5	25.6	5168	3.02	–0.60	0.19	0.20
HE 1049–0922	–34.7	30.3	5074	4.71	–0.63	0.33	0.20
HE 1049–1025	–175.7	43.4	5634	4.50	–0.78	–0.50	0.20
HE 1104–0238	166.8	24.0	4450	1.77	–0.94	–0.5	0.05
HE 1110–1625	123.5	17.7	5998	4.46	–0.30	0.11	0.20
HE 1112–0203	8.8	41.0	4235	4.23	–0.91	–0.50	0.20
HE 1125–1343	–169.4	33.2	4752	4.48	–1.02	–0.03	0.20
HE 1129–1405	189.3	41.7	5476	3.34	–2.02	0.60	0.09
HE 1132–0915	51.5	41.7	5905	2.00	–1.56	...	...
HE 1133–0802	27.5	13.9	5431	4.07	–1.40	0.57	0.06
HE 1135–0800	221.3	7.8	5225	3.05	–2.28	0.08	0.03
HE 1137–1259	138.1	23.5	5050	4.64	–1.05	0.16	0.20
HE 1142–0637	118.4	24.3	5089	4.14	–1.58	–0.04	0.20
HE 1146–1040	–15.0	27.2	5382	4.57	–1.18	0.37	0.05

Tabela 4.5 (Continuação)

Nome	V (km/s)	σ_V (km/s)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cgs)	[Fe/H]	[C/Fe] ^a	$\sigma_{[\text{C/Fe}]}$
HE 1146–1126	332.1	14.1	5062	2.84	−2.26	0.00	0.20
HE 1147–1057	113.9	10.6	5971	4.52	−0.89	0.42	0.06
HE 1148–1020	238.6	19.3	5835	4.39	−1.34	0.15	0.20
HE 1148–1025	194.6	28.6	5792	4.52	−0.83	0.03	0.20
HE 1212–1123	111.6	21.8	6503	4.07	−1.35	0.93	0.06
HE 1217–1054	60.2	34.9	5156	4.57	−0.96	−0.02	0.20
HE 1217–1633	155.6	24.6	5300	3.27	−1.90	1.03	0.38
HE 1222–1631	104.6	13.7	5101	3.05	−2.07	0.18	0.06
HE 1223–0930	187.0	14.0	5377	3.43	−2.19	1.76	0.19
HE 1224–0723	64.9	24.7	5803	4.57	−0.67	0.84	0.15
HE 1224–1043	303.0	21.9	6094	3.32	−1.67	−0.08	0.20
HE 1228–0750	353.6	14.1	6444	3.68	−1.60	0.40	0.20
HE 1228–1438	176.1	19.5	4434	2.27	−0.92	−0.50	0.05
HE 1231–3136	81.9	49.2	6279	3.59	−1.51	0.99	0.06
HE 1255–2734	−21.2	34.6	5730	4.43	−2.14	1.30	0.13
HE 1301+0014	72.0	19.5	5571	3.61	−2.37	0.44	0.06
HE 1301–1405	43.0	7.9	5467	3.41	−1.29	−0.11	0.20
HE 1302–0954	145.7	22.9	5417	4.00	−2.30	0.77	0.13
HE 1311–3002	213.6	27.8	5043	2.86	−2.39	0.64	0.09
HE 1320–1130	220.8	41.9	6238	4.39	−1.62	1.37	0.08
HE 1320–1641	84.1	14.5	4295	1.73	−1.03	−0.28	0.20
HE 1321–1652	91.1	41.0	6169	4.61	−1.72	2.13	0.25
HE 1343+0137	130.6	19.5	5808	3.23	−1.73	−0.02	0.20
HE 1408–0444	142.5	27.9	6912	3.09	−2.38	1.79	...
HE 1409–1134	92.2	12.9	6117	4.43	−0.37	0.23	0.20
HE 1410–0549	103.8	25.9	6742	2.21	−1.70	...	...
HE 1414–1644	91.8	11.8	5514	4.23	−2.46	0.70	0.04
HE 1418–1634	144.3	39.1	5196	2.91	−2.28	0.12	0.06
HE 1428–0851	91.3	22.4	5241	1.68	−2.52	−0.48	...
HE 1430–1518	383.0	26.2	4289	1.93	−1.16	0.41	0.08
HE 1447–1533	57.1	24.3	4234	2.07	−1.05	0.13	0.20
HE 1448–1406	−173.8	22.7	6060	2.36	−1.67	0.10	0.20
HE 1451–0659	−22.9	57.5	4882	4.64	−1.47	−0.11	0.20
HE 1458–0923	−343.0	27.3	5829	4.39	−2.27	1.89	0.13
HE 1458–1022	−61.3	18.2	5200	3.09	−2.22	0.47	0.06
HE 1458–1226	−10.1	30.5	5504	4.68	−1.05	0.39	0.13
HE 1504–1534	60.3	6.9	4246	1.41	−0.73	0.32	0.06

Tabela 4.5 (Continuação)

Nome	V (km/s)	σ_V (km/s)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cgs)	[Fe/H]	[C/Fe] ^a	$\sigma_{[\text{C}/\text{Fe}]}$
HE 1505–0826	69.2	18.4	6730	4.39	−0.49	0.48	0.20
HE 1507–1055	174.0	16.0	4267	1.66	−1.14	0.18	0.20
HE 1507–1104	124.1	12.0	4492	2.91	−0.98	−0.01	0.20
HE 1512+0149	−65.3	41.2	4706	4.57	−0.94	−0.50	0.20
HE 1516–0107	16.9	28.5	5720	3.77	−2.01	0.65	0.03
HE 1518–0541	32.1	30.1	5217	4.68	−1.03	0.13	0.20
HE 1527–0740	27.4	28.4	5679	2.00	−1.86	0.26	...
HE 1529–0838	38.7	24.6	5960	4.52	−0.69	0.57	0.19
HE 2025–5221	237.5	19.7	5932	4.57	−2.25	2.00	0.25
HE 2052–5610	281.7	35.8	6628	4.59	−1.76	2.69	0.05
HE 2112–5236	254.5	15.0	5304	3.93	−1.79	0.76	0.19
HE 2117–6018	−205.1	30.6	5023	4.11	−1.93	−0.17	0.20
HE 2140–4746	70.8	14.7	6111	4.36	−1.36	0.49	0.06
HE 2151–0332	−99.6	21.0	5514	4.30	−2.75	1.45	0.19
HE 2201–1108	−115.3	19.0	6533	4.07	−0.95	0.79	0.19
HE 2207–0912	−67.2	13.7	5824	4.30	−2.40	0.81	0.13
HE 2209–1212	107.8	30.7	6432	4.43	−0.38	0.26	0.20
HE 2219–1357	133.0	14.4	7082	4.25	−0.64	0.72	0.20
HE 2231–0710	63.1	34.4	5704	2.86	−0.61	0.72	0.29
HE 2257–5710	41.6	17.2	5343	3.89	−2.97	1.22	0.06
HE 2353–5329	105.3	12.6	6509	4.57	−1.75	2.35	0.13

^aOs valores de [C/Fe] que não possuem determinação de erro são limites superiores.

A Figura 4.8 mostra parte da saída padrão do SSPP para 5 candidatas a estrelas CEMP observadas com o SOAR. Os painéis à esquerda mostram o espectro original e as estimativas de temperatura. A região das linhas de Ca II, sobreposta pelos espectros sintéticos, é mostrada nos painéis centrais, juntamente com as estimativas para $\log g$. Os painéis à direita mostram os espectros com o contínuo subtraído, os espectros sintéticos sobrepostos e os valores calculados de metalicidade. Os parâmetros finais adotados são os primeiros valores mostrados em cada painel. Nota-se uma boa concordância entre os espectros reais dos objetos e suas contrapartidas sintéticas para os 5 objetos mostrados, para pelo menos um dos ajustes. Também é possível observar diferenças entre os parâmetros calculados pelos diferentes métodos, o que justifica o uso de ferramentas estatísticas para eliminar inconsistências, como mencionado acima.

Figura 4.8: Exemplo do procedimento adotado pelo SSPP para o cálculo dos parâmetros atmosféricos para 5 das 132 candidatas a estrelas CEMP. Da esquerda para a direita são exibidos: o espectro original, a região das linha do Ca II, com os ajustes por síntese espectral e os espectros com o contínuo subtraído.

As velocidades radiais, calculadas para as estrelas-padrão observadas durante os programas mencionados acima, apresentaram erros da ordem de 50 km s^{-1} , considerado alto para a qualidade dos dados tomados. Erros dessa magnitude provavelmente estão relacionados a falhas de correção de curvatura do espelho durante a fase de comissionamento do espectrógrafo *Goodman*.

Deste modo, foram utilizadas diferentes técnicas para o cálculo das velocidades radiais para os objetos observados, incluindo análise por correlação cruzada, para assegurar que erros muito elevados não eram resultado de falha no processo de determinação destes parâmetros. Pelo fato das velocidades para as estrelas de programa observadas não serem conhecidas *a priori*, eram esperados erros da mesma ordem daqueles das estrelas -padrão. Todavia, pelo fato das rotinas do SSPP necessitarem apenas de uma estimativa inicial da velocidade radial para realizar seus cálculos, tais erros não prejudicaram o processo de determinação dos parâmetros atmosféricos dos objetos.

Figura 4.9: Distribuição de T_{eff} e $\log g$ para as 132 candidatas observadas com o SOAR.

O comportamento das grandezas temperatura efetiva e logaritmo da gravidade superficial para as 132 estrelas da primeira subamostra é mostrado na Figura 4.9. Em relação à T_{eff} , nota-se que a maior parte dos objetos apresenta temperaturas maiores do que 5000 K, com um pico na distribuição em torno de 6000 K. Este comportamento é esperado devido às características do método de seleção, dada a relação entre aumento de temperatura e intensidade da banda G para estrelas ricas em carbono.

Além disso, ao observar o painel inferior da Figura 4.9, cuja distribuição apresenta um máximo em ~ 4.5 , conclui-se que a amostra é dominada por estrelas anãs. Esse viés de seleção foi introduzido pela limitação em magnitude das estrelas observadas. Dado um certo valor de magnitude, é maior a probabilidade de observar estrelas anãs (com temperaturas e luminosidades maiores) frente a estrelas gigantes e sub-gigantes. Essa tendência não configura um problema para a identificação de estrelas pobres em metais

e CEMP proposta por este trabalho, uma vez que existem observações de estrelas anãs pobres em metais na região $[\text{Fe}/\text{H}] < -3.0$ (Norris et al., 2000; Sivarani et al., 2006; Aoki et al., 2007), incluindo a estrela HE 1327–2326 ($[\text{Fe}/\text{H}] = -5.6$ - Frebel et al., 2005).

Figura 4.10: Distribuição de metalicidades para as 132 candidatas observadas com o SOAR. As setas indicam os locais dos picos em $[\text{Fe}/\text{H}]$ para a distribuição observada, que encontram-se próximos àqueles associados pelo trabalho de Carollo et al. (2007) às populações do halo externo (OH; $[\text{Fe}/\text{H}] = -2.2$), halo interno (IH; $[\text{Fe}/\text{H}] = -1.6$), disco espesso pobre em metal (MWTD; $[\text{Fe}/\text{H}] = -1.3$) e disco espesso canônico (TD; $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.6$).

A Figura 4.10 mostra a distribuição de metalicidade observada para as estrelas presentes na Tabela 4.5. É interessante notar que os dois picos proeminentes a baixas metalicidades posicionam-se próximos aos picos associados, segundo Carollo et al. (2007), com as populações do halo externo ($[\text{Fe}/\text{H}] = -2.2$) e do halo interno ($[\text{Fe}/\text{H}] = -1.6$). O restante das estrelas pode estar associado às populações do disco espesso da Galáxia, tanto a porção pobre em metal quanto a parte chamada canônica (Wyse et al., 2006).

Dessa forma, conclui-se que o processo de seleção de candidatas a estrelas CEMP obteve resultados distribuídos dentro do intervalo de metalicidade de interesse.

Figura 4.11: Comportamento da metalicidade em função do índice GPE para as candidatas observadas e para as estrelas CEMP de Aoki et al. (2007).

As tendências do índice GPE em função da metalicidade estimada estão apresentadas na Figura 4.11. Também é possível observar a relação entre as metalicidades obtidas em alta resolução por Aoki et al. (2007) e o índice GPE, calculado diretamente dos espectros em baixa resolução do HES. Não é possível fazer distinção entre os regimes para as estrelas *mpcc* e *mpcb*. Também, como esperado, as metalicidades maiores que -0.5 vistas na Figura 4.11 estão associadas às classes cujos objetos apresentam maiores temperaturas, e não a objetos da classe *unid*. De fato, um dos objetivos desta busca por estrelas CEMP é encontrar objetos que preencham a parte superior direita da Figura, que encontra-se subamostrada na faixa $[\text{Fe}/\text{H}] > -2.5$.

Para as estimativas das abundâncias de carbono, foram geradas (pela pesquisadora Thirupathi Sivarani) grades de espectros sintéticos na faixa de comprimentos de onda entre 3600-4600 Å. Os parâmetros estelares desta grade cobrem os seguintes intervalos: 3500 a 9500 K para T_{eff} ; 0.0 a 5.0 para $\log g$ e; -2.5 a 0.0 para $[\text{Fe}/\text{H}]$. As abundâncias em carbono (na forma $[\text{C}/\text{H}]$) encontram-se na faixa $[\text{Fe}/\text{H}] - 0.5 \leq [\text{C}/\text{H}] \leq +0.5$, para um

dado valor de metalicidade. Para gerar tais espectros sintéticos, foi utilizada a versão mais atual do código de síntese espectral `turbospectrum` (Alvarez e Plez, 1998), juntamente com os modelos de atmosferas NEWODF de Kurucz (Castelli e Kurucz, 2003). A lista de linhas é a mesma utilizada em Sivarani et al. (2006).

Figura 4.12: Determinação da abundância de carbono para uma das estrelas da subamostra. O painel superior mostra parte do espectro original (em preto) sobreposto por um espectro sintético (em vermelho) com os parâmetros atmosféricos listados e $[C/Fe]=0.0$. O painel central mostra a região ao redor da banda G, com uma linha vermelha mostrando o melhor ajuste. A linha verde representa a divisão entre o espectro original e o espectro sintético, que deve apresentar valores próximos de 1.0 para um ajuste considerado satisfatório. O painel inferior mostra o resultado do melhor ajuste com o valor listado de $[C/H]$.

A estimativa da abundância de carbono foi obtida através da minimização de χ^2 entre o espectro observado e o sintético, na região de comprimento de onda entre 4285-4320 Å. O valor inicial de entrada para $[C/H]$ é o mesmo de $[Fe/H]$ fornecido pelo SSPP, ou seja, uma razão solar para $[C/Fe]$. Um exemplo de ajuste na região da banda G do CH, utilizada para estimar o valor de $[C/Fe]$, é mostrado na Figura 4.12. Somente a abundância de carbono é variada; todos os demais parâmetros atmosféricos são mantidos constantes.

Para automatizar a minimização de χ^2 , foi utilizada a rotina **AMOEBA** (*down-hill Simplex*) do IDL (Landsman, 1989). Na maioria dos casos, o procedimento convergiu para um ajuste adequado, ou seja, o χ^2 dos resíduos era mais de 1σ distante da estimativa inicial; os erros típicos associados a estas medidas é da ordem de $\delta_{[\text{C}/\text{Fe}]} = 0.1$ dex. Em alguns casos, embora a rotina tenha convergido, o nível de melhora ficou aquém do 1σ . Nestas situações, os erros designados foram de 0.2 dex. Os valores estimados para $[\text{C}/\text{Fe}]$, bem como seus erros associados, estão listados na Tabela 4.5.

Outro teste realizado, com o intuito de diferenciar valores reais de $[\text{C}/\text{Fe}]$ de limites superiores, foi impor que o valor integrado em uma região de $20 \text{ \AA}$ em torno da banda G (entre $4295 \text{ \AA}$ e $4315 \text{ \AA}$) fosse de, no mínimo, $1.5 \text{ \AA}$. Este valor foi estabelecido pela comparação entre espectros sintéticos com ruído artificial inserido e espectros com diferentes valores para $[\text{C}/\text{H}]$. Os valores que não preencheram o requisito acima foram considerados limites superiores, e foram listados na Tabela 4.5 como determinações sem erro associado.

Figura 4.13: Comportamento da metalicidade com a abundância de carbono $[\text{C}/\text{Fe}]$ para as candidatas observadas e para as estrelas presentes em Aoki et al. (2007). As flechas representam os limites superiores. As linhas pontilhadas mostram valores constantes de $[\text{C}/\text{Fe}]$ (0.0, +0.5 e +1.0).

O comportamento das abundâncias de carbono calculadas pelo procedimento exposto acima, em relação aos valores de metalicidade determinados pelo SSPP, é mostrado na

Figura 4.13. Também são exibidos os pares $[C/Fe]$ vs. $[Fe/H]$ para as estrelas CEMP de Aoki et al. (2007). Nota-se, como já explorado por outros estudos (Rossi et al., 2005; Lucatello et al., 2006), uma clara tendência para as abundâncias de carbono, que são maiores para metalicidades menores, e exibem um espalhamento crescente para $[Fe/H] < -2.0$. Esta tendência é claramente compartilhada pelos dados em alta resolução presentes na Figura 4.13. Também é interessante notar alguns objetos com metalicidades intermediárias ($-2.0 \leq [Fe/H] \leq -1.5$) que apresentam $[C/Fe] > +1.5$. Caso a seleção feita levasse em conta somente a intensidade da linha K do Ca II (semelhante à busca feita por Christlieb et al., 2008), estes objetos peculiares não teriam sido observados.

Ao utilizar o novo método de seleção de estrelas CEMP proposto por este trabalho, sabendo que o mesmo possui um viés intrínseco na direção de estrelas ricas em carbono, a fração de estrelas CEMP encontradas (considerando as barras de erro) é de $\sim 25\%$. Ao considerar somente as estrelas muito pobres em metais ($[Fe/H] < -2.0$), esta fração aumenta para 43%. Para as cinco candidatas observadas que apresentam metalicidades menores que $[Fe/H] = -2.5$, o método atinge 80% de eficácia. Também é importante notar que a maioria das estrelas pobres em metais observadas com $[Fe/H] < -1.0$ (51%), apresentam consideráveis enriquecimentos em carbono ($[C/Fe] > +0.5$). Além disso, ao retirar o viés em metalicidade introduzido pela seleção com base na linha K do Ca II, o método proposto colaborou para o aumento da estatística de estrelas pobres em metais com $[Fe/H] > -2.0$.

4.3 Estimativas para Abundâncias de Ba e Sr

Em adição aos parâmetros atmosféricos e às abundâncias de carbono, também é possível estimar, com alto grau de confiança, as abundâncias dos elementos Sr e Ba. Como visto no Capítulo 1, estes dois elementos são formados predominantemente pelo processo-s (Arlandini et al., 1999) e representam também o primeiro (Sr) e segundo (Ba) picos deste processo. Dessa forma é possível, além de identificar estrelas CEMP, classificar as estrelas observadas quanto ao grau de enriquecimento destes elementos.

O trabalho de Cruz et al. (2009) utiliza dois métodos de calibração para estimar as abundâncias de bário e estrôncio a partir dos índices de linha em espectros em média resolução: regressões polinomiais e redes neurais artificiais (ANN - *Artificial Neural Networks*). Ambos os métodos utilizam como parâmetros de entrada as abundâncias disponíveis em

alta resolução ($[\text{Ba}/\text{Fe}]$ ou $[\text{Sr}/\text{Fe}]$), o índice KP de [Beers et al. \(1999\)](#), os índices definidos pelos autores (Ba ou Sr) e o índice de cor $(J-K)_0$. Os valores das abundâncias para as estrelas observadas com o SOAR foram calculadas utilizando o método ANN (cedidas por Monique Cruz). As abundâncias não foram calculadas para objetos cujos índices de Ba e Sr não se encontravam dentro do intervalo de calibração utilizado por [Cruz et al. \(2009\)](#). No total foram obtidas abundâncias de Ba para 107 objetos e de Sr para 103 objetos.

Figura 4.14: Exemplo de identificação das linhas de Sr (4077 Å) e Ba (4554 Å).

A Figura 4.14 mostra, para uma das candidatas a estrela CEMP, a localização das linhas de Ba e Sr utilizadas para encontrar as abundâncias. Percebe-se que essas linhas (quando presentes) são facilmente identificadas em espectros em média resolução, tornando possível a obtenção das abundâncias pelos métodos supracitados. Porém, deve-se ter cautela quanto à determinação dos índices de Ba e Sr, pois estes utilizam interpolação linear entre as bandas laterais para estimar o contínuo. Como visto na Seção 2.1, a presença de bandas de carbono intensas pode rebaixar o nível do contínuo e prejudicar sua determinação por interpolação linear. Dessa forma, a utilização do método ANN torna-se mais confiável em comparação com as regressões polinomiais, uma vez que são atribuídos pesos menores para os possíveis desvios gerados no cálculo dos índices.

O comportamento das abundâncias de Ba e Sr em função da metalicidade para os

Figura 4.15: Comportamento das abundâncias estimadas dos elementos Ba e Sr em função da metalicidade. As linhas pontilhadas mostram valores constantes das abundâncias (0.0 e +1.0).

objetos onde foi possível aplicar o ANN está exibido na Figura 4.15. Não é possível notar nenhuma tendência de aumento ou diminuição nos valores das abundâncias com a variação da metalicidade, que pode ser resultado de processos de enriquecimento homogêneo para o intervalo de $[\text{Fe}/\text{H}]$ mostrado. Porém, existe uma diminuição da frequência de estrelas ricas em elementos formados pelo processo-s com a diminuição da metalicidade. Essa tendência pode estar relacionada às escalas de tempo associadas com o processo-s, pois as frações ligadas ao processo-s só começam a dominar as abundâncias de Ba e Sr para valores de metalicidade $[\text{Fe}/\text{H}] \gtrsim -2.6$ (Johnson e Bolte, 2002; Simmerer et al., 2004).

Para identificar com maior facilidade os objetos das diferentes subclasses de estrelas CEMP presentes na Tabela 1.2, foi feita a distribuição das abundâncias de bário em função da abundância de carbono, mostrada na Figura 4.16. Além disso, é mostrada uma divisão em $[\text{Fe}/\text{H}]$ para os objetos, onde os pontos maiores representam menores metalicidades. Nota-se, em geral, uma correlação crescente entre as abundâncias de carbono e bário, o que corrobora com as hipóteses de enriquecimento em elementos formados por processo-s em sistemas binários, formados a partir da fonte de nêutrons ^{13}C em estrelas de baixa massa

Figura 4.16: Distribuição das abundâncias de carbono em relação ao bário. O tamanho dos pontos indica a escala de metalicidade. As áreas delimitadas representam as definições das classes de estrelas CEMP presentes na Tabela 1.2. As linhas pontilhadas mostram valores constantes de $[C/Fe]$ (0.0, +0.5 e +1.0).

quando no AGB (Masseron et al., 2010).

Outrossim, é possível identificar alguns objetos cujas abundâncias condizem com a classificação CEMP-no (Ito et al., 2009; Behara et al., 2010) que, juntamente com as estrelas CEMP-s, apresentam metalicidades menores que -2.0 . As estrelas CEMP-no são de particular importância, pois acredita-se que os processos de enriquecimento em carbono destes objetos provavelmente não estão associados a estrelas no AGB. Dessa forma, este trabalho também contribui para o aumento da estatística para diferentes tipos de estrelas CEMP, que podem ser alvos de estudos futuros em alta resolução, com o intuito de determinar seus padrões de abundâncias além de suas possíveis origens.

4.4 Discussão

Neste Capítulo foi mostrado o desenvolvimento de um novo método para a busca de estrelas CEMP, com o auxílio de um novo índice de linha (GPE - ver Seção 2.2) para a banda G do CH em $4304 \text{ \AA}$. Este índice possui a vantagem de coletar mais informação acerca

da abundância de carbono na estrela, uma vez que sua largura leva em conta as “asas” da banda molecular, que pode incluir informação advinda de outras moléculas de carbono próximas, quando presentes no espectro. Ademais, o índice GPE, por utilizar um contínuo ajustado ao espectro como referência nos cálculos, não sofre influências significativas (como os índices anteriormente definidos em, por exemplo, [Beers et al., 1999](#)) de outras bandas moleculares de carbono.

Com o intuito de testar o método proposto, foi obtida uma subamostra de estrelas do HES, cujos índices foram comparados com aqueles calculados para os espectros em baixa resolução de estrelas CEMP (confirmadas por estudos em alta resolução, como [Aoki et al., 2007](#)). A partir da subamostra de 669 candidatas inéditas, foram feitas observações em média resolução para 132 objetos com o espectrógrafo *Goodman* no telescópio SOAR. A nova técnica de seleção alcançou uma taxa de 43% na identificação de estrelas CEMP para $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.0$; além disso, quatro das cinco candidatas com $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.5$ exibem altos enriquecimentos em carbono ($[\text{C}/\text{Fe}] > +1.0$). Deve-se levar em conta que as frações apresentadas não são simplesmente frações de estrelas CEMP em função da metalicidade, mas sim uma medida da relação entre os resultados obtidos (em uma amostra com viés para altas abundâncias em carbono) e os objetivos pretendidos nesta nova proposta de identificação de estrelas com enriquecimento em carbono.

No passado, estrelas CEMP foram selecionadas de duas formas distintas: (1) como candidatas a estrelas pobres em metais do survey HK ou HES, baseado na intensidade da linha K do Ca II, que depois seriam reconhecidas como CEMP por espectroscopia em média resolução ou (2) selecionadas como estrelas ricas em carbono com base na soma de índices de linha de carbono molecular presente nos espectros ([Christlieb et al., 2001](#)). Convém salientar que ambas as técnicas possuem limitações. A técnica descrita em (1) perde estrelas CEMP com temperaturas mais elevadas e metalicidades $[\text{Fe}/\text{H}] > -2.5$ e, devido ao intervalo de cor utilizado na seleção, deixa de levar em conta estrelas CEMP com cor estimada $B - V > 0.9$ (ver Figura 4.6), pois a presença de linhas intensas de carbono desloca os objetos para fora da janela de seleção. A técnica (2) claramente obtém sucesso em identificar estrelas ricas em carbono frias, uma vez que seleciona objetos através da intensidade total dos índices moleculares de C_2 e CN no espectro em baixa resolução. Mesmo estrelas que apresentem a banda G do CH intensa (ou seja, estrelas ricas em

carbono) geralmente não preenchem os requisitos necessários para esta seleção, caso sejam quentes o suficiente para não exibir as bandas moleculares de carbono.

Tabela 4.6 - Critérios de seleção para estrelas ricas em carbono (Christlieb et al., 2001).

Índice de linha	Intervalo (Å)	Índice de linha	Intervalo (Å)
C ₂ (λ 4737)	[15,114]	CN (λ 3883)	[13,55]
C ₂ (λ 5165)	[10,91]	CN (λ 4216)	[2,56]

A Tabela 4.6 mostra os intervalos utilizados por Christlieb et al. (2001) para localizar estrelas ricas em carbono. Estas estrelas, segundo os critérios do trabalho mencionado acima, deveriam apresentar valores de índices dentro dos intervalos propostos para ambos os índices de C₂ e/ou de CN. Os limites superiores apresentados na tabela foram estabelecidos para evitar contaminação da amostra por possíveis erros nas placas fotográficas ou sobreposições de espectros, que poderiam gerar altos valores para a quantidade integrada.

Figura 4.17: Critério de seleção para estrelas ricas em carbono no plano dos índices C₂ e CN. As linhas tracejadas delimitam a área de ocorrência das estrelas ricas em carbono segundo Christlieb et al. (2001).

A Figura 4.17 mostra a distribuição dos índices de C_2 e CN (disponíveis na base de dados do HES) para as estrelas observadas com o SOAR. As áreas delimitadas pelas linhas tracejadas representam os critérios apresentados na Tabela 4.6. Como pode ser visto em ambos os painéis, nenhuma das 132 candidatas a estrelas CEMP apresentadas satisfaz tais critérios, e mesmo assim possuem consideráveis enriquecimentos em carbono. Esse fato confirma as hipóteses apresentada de que muitas estrelas pobres em metais e ricas em carbono foram negligenciadas em buscas anteriores, e que de fato as novas definições de índices de linha são úteis para identificação de tais objetos.

Figura 4.18: Estrela EMP HE 1045+0226 observada neste trabalho. Em destaque estão a linha K do Ca II e a banda G do CH.

Dentro da amostra observada com o SOAR, foi encontrada uma estrela extremamente pobre em metais ($[\text{Fe}/\text{H}] < -3.0$ - EMP - Beers e Christlieb, 2005) com uma quantidade de carbono quase 200 vezes maior que o equivalente para o Sol ($[\text{C}/\text{Fe}] = +2.30$). O espectro da estrela HE 1045+0226 encontra-se na Figura 4.18 (e também no Apêndice A). Este é um exemplo claro do sucesso da busca por estrelas CEMP proposta neste trabalho: mesmo com $T_{\text{eff}} = 5109$ K (o que a desqualificaria no critério de Christlieb et al., 2001) e linhas H e K do Ca II proeminentes (KPHES=7.4 - também podendo ser descartada pelo método de Christlieb et al., 2008), esta estrela satisfaz o critério de seleção para o índice GPE (valor calculado de 53.6 Å), o que permitiu sua observação em média resolução e posterior

confirmação de seu *status* de estrela EMP. Além disso, dada sua abundância estimada de bário ($[\text{Ba}/\text{Fe}] \approx 0.06$), este objeto está muito próximo da definição de estrelas CEMP-no, portanto seu estudo em alta resolução pode ser muito útil para pesquisas nessa área.

Figura 4.19: Estrelas CEMP inéditas na literatura observadas com o SOAR.

Outro aspecto importante do método de busca por estrelas CEMP exibido neste trabalho reside no fato de que são amostradas, além de estrelas em um grande intervalo de metalicidade, diversos tipos de estrelas CEMP, identificadas a partir de estimativas de abundâncias de elementos formados por processo-s. Essa distinção é fundamental para entender com maior clareza a verdadeira natureza destes objetos (Behara et al., 2010; Goswami e Aoki, 2010). A espectroscopia em média revelou objetos ainda inéditos na literatura, tais como as estrelas HE 2151–0332 e HE 0118–4834, cujos espectros estão exibidos na Figura 4.19. Ambas as estrelas são anãs muito pobres em metais, com considerável so-

breabundância em carbono. Porém, nota-se que a diferença entre suas abundâncias do elemento Ba difere em quase duas ordens de grandeza, ou seja, é certo que a origem da sobreabundância em carbono dessas duas estrelas é distinta (Ryan et al., 2005). Porém, essa afirmação só pode ser confirmada com estudos em alta resolução, necessários para obter abundâncias de um maior número de elementos e entender a evolução de tais objetos.

Os demais objetos presentes na lista de 669 candidatas a estrelas CEMP inéditas gerada pelo novo critério de seleção, serão oportunamente colocados à disposição pública para futuras observações, com o intuito de enriquecer ainda mais a literatura referente a estrelas pobres em metais enriquecidas em carbono. Além disso, como visto na Seção 4.3, é possível também estimar as abundâncias de elementos como o Ba e o Sr para tais objetos, o que pode ser decisivo na escolha de alvos para estudos em alta resolução que, além de colocá-las em suas verdadeiras subclasses (de acordo com a Tabela 1.2), podem também, através de um estudo detalhado de abundâncias elementais (por exemplo, Sneden et al., 2003; Frebel et al., 2007; Norris et al., 2007), explorar os sítios astrofísicos associados à produção de carbono (Roederer et al., 2008; Masseron et al., 2010).

Segunda Subamostra

Devido aos bons resultados encontrados com as observações espectroscópicas de *follow-up* no telescópio SOAR para as candidatas a estrelas CEMP apresentadas no Capítulo 4, uma segunda subamostra foi extraída da base de dados do HES (Placco et al., 2010b, - em preparação). Uma das funções dessa nova subamostra é não apenas testar novamente o índice GPE, mas também utilizar o índice EGP (Seção 2.3) como parâmetro auxiliar na seleção de objetos. A principal diferença entre esta segunda subamostra e os dados apresentados do Capítulo 4 é a inclusão das chamadas “fontes brilhantes” (*bright sources*) do HES na seleção, o que aumenta a faixa de temperatura da amostra e pode enriquecer o número de candidatas com $[\text{Fe}/\text{H}] > -2.0$. A principal característica que distingue a classe das fontes brilhantes da classe das estrelas é o fato de que as fontes brilhantes encontram-se próximas (ou até mesmo além) do limite de saturação das placas fotográficas do HES. Além disso, os métodos de extração dos espectros são distintos para essas duas classes de objetos.

A análise desta nova subamostra presta-se também como uma forma distinta de testar a eficiência dos novos índices. Para tanto, foi adotada uma direção contrária àquela utilizada no Capítulo 4 na seleção das candidatas: na primeira subamostra a base de dados foi restringida por motivos observacionais e as candidatas foram escolhidas a partir da restrição em GPE. A segunda subamostra foi extraída sem qualquer informação sobre os índices de linha, e as seleções no plano (índice de cor) *vs.* (índice de linha) foram feitas antes das restrições em GPE e EGP. Desta forma, é possível inserir os índices posteriormente e observar se seu comportamento está dentro do esperado.

5.1 Restrições à Base de Dados

Dadas as diferenças intrínsecas entre as duas classes de objetos mencionadas, foi necessário aplicar um conjunto de restrições distinto para cada uma delas. Dentro da base de dados do HES, a classificação *stars* possui um total de 3537737 objetos, e para a classificação *bright* esse total é de 584707. Os demais objetos do HES estão classificados como fontes extensas e não são utilizados neste trabalho. Os procedimentos adotados (semelhantes aos descritos no Capítulo 4) para a seleção das candidatas são explicados a seguir.

5.1.1 Estrelas – Source type: STARS

Para essa parte da subamostra existem pequenas diferenças nos critérios aplicados. Além dos *flags* de detecção do 2MASS e das magnitudes J e K, foi feita uma seleção utilizando o índice de cor (B–V), com o objetivo de diminuir o número de objetos para a inspeção visual. As restrições aplicadas foram as seguintes:

- $\text{objtype} = \text{stars}$ (remove fontes extensas e brilhantes);
- $\text{isin2MASS} = 1$ (*flag* do 2MASS. Fonte do HES encontrada/não encontrada);
- $\text{JmagOK} = 1$ (magnitude na banda J medida);
- $\text{KmagOK} = 1$ (magnitude na banda K medida);
- $0.20 \leq (J-K)_0 \leq 0.75$;
- $0.30 \leq (B-V) \leq 1.00$.

Nota-se que o intervalo de $(J-K)_0$ é menor do que aquele utilizado para os objetos da primeira subamostra. Ao inspecionar a Figura 4.5, conclui-se que essa diminuição evita a contaminação da amostra por estrelas das classes *hbab*, *habs* e *unid*¹. Já a restrição em (B–V) é útil para limitar a amostra em número e ainda assim incluir possíveis candidatas que eventualmente não tenham determinação de magnitudes nas bandas J e K. Para os objetos que satisfizeram as restrições mostradas acima, foram calculadas duas quantidades, KP_{JK} e KP_{BV} , relacionadas às Equações 5.1 e 5.2. Estes ajustes polinomiais correspondem

¹ Ver definições na Tabela 4.2.

a valores constantes de metalicidade ($[\text{Fe}/\text{H}] = -2.0$, ver [Christlieb et al., 2008](#), e Seção 4.1.3 desta tese para mais detalhes), e são obtidos por meio das expressões abaixo:

$$\begin{aligned} \text{KP}_{\text{JK}}([\text{Fe}/\text{H}] = -2.0) = & -2.37 + 14.75 \cdot (J - K)_0 + 40.39 \cdot (J - K)_0^2 \\ & - 90.64 \cdot (J - K)_0^3 + 51.52 \cdot (J - K)_0^4, \end{aligned} \quad (5.1)$$

e

$$\begin{aligned} \text{KP}_{\text{BV}}([\text{Fe}/\text{H}] = -2.0) = & 18.24 - 155.03 \cdot (B - V) + 504.44 \cdot (B - V)^2 \\ & - 683.79 \cdot (B - V)^3 + 421.71 \cdot (B - V)^4 - 97.22 \cdot (B - V)^5. \end{aligned} \quad (5.2)$$

Em seguida, é aplicado mais um conjunto de restrições, que leva em conta, além dos valores calculados pelas equações acima, a razão sinal/ruído dos espectros e o limite de detecção da linha K do Ca II. São elas:

- $\text{KP}_{\text{HES}} > \text{msigKP}$ (valores de KP_{HES} maiores do que o limite mínimo de detecção da linha K do Ca II na resolução dos espectros do HES);
- $\text{no overlap flag} = 1$ (sem sobreposições de espectros);
- $\text{SN}_{\text{CaHK}} > 5$ (seleciona espectros com razão sinal/ruído maior do que 5);
- $\text{KP}_{\text{HES}} < \text{KP}_{\text{JK}}([\text{Fe}/\text{H}] = -2.0)$ ou $\text{KP}_{\text{HES}} < \text{KP}_{\text{BV}}([\text{Fe}/\text{H}] = -2.0)$.

Os objetos selecionados devem preencher ambas as restrições nos índices de cor e pelo menos uma das restrições feitas pelas funções de metalicidade constante (semelhante à primeira subamostra). Este procedimento selecionou 62311 objetos.

5.1.2 Fontes brilhantes – Source type: *BRIGHT*

O primeiro conjunto de restrições para as fontes brilhantes é semelhante ao das estrelas, a menos da seleção pelo índice de cor ($B - V$). São elas:

- $\text{objtype} = \text{bright}$ (remove fontes extensas);
- $\text{isin2MASS} = 1$ (*flag* do 2MASS. Fonte do HES encontrada/não encontrada);

- $J_{\text{magOK}} = 1$ (magnitude na banda J medida);
- $K_{\text{magOK}} = 1$ (magnitude na banda K medida);
- $0.20 \leq (J-K)_0 \leq 0.75$.

A exclusão da seleção em (B–V) foi necessária pelo fato de que os espectros desses objetos, por serem brilhantes, estão mais sujeitos à saturação nas placas fotográficas do HES, o que prejudica fortemente as determinações das magnitudes B e V. Além disso, como as fontes brilhantes perfazem um número mais de seis vezes menor do que o de estrelas, não é necessário introduzir filtros para diminuir o total de objetos. Porém, para garantir que a amostra contenha o maior número possível de candidatas a estrelas pobres em metais, novamente foi feita a seleção em $(J-K)_0$, a partir da equação 5.1. Assim, foram aplicadas as restrições:

- $K_{\text{PHES}} < K_{\text{P}}([Fe/H]=-2.0)$;
- $K_{\text{PHES}} > \text{msig}_{\text{KP}}$ (valores de K_{PHES} maiores do que o limite mínimo de detecção da linha na resolução dos espectros do HES);
- $\text{no overlap flag} = 1$ (sem sobreposições de espectros);
- $\text{SN}_{\text{CaHK}} > 5$ (seleciona espectros com razão sinal/ruído maior do que 5).

Dessa forma, foram selecionadas 18532 fontes brilhantes.

5.1.3 Comportamento dos Índices de Linha

A série de restrições aplicadas acima forneceu uma subamostra contendo 80843 objetos. Assim, foi possível extrair da base de dados do HES os valores para os índices GPE e EGP, com o intuito de filtrar a amostra para proceder com a inspeção visual. Para a segunda subamostra foram utilizados os dois índices, diferentemente da primeira subamostra, que utilizou apenas o índice GPE. A utilização do segundo índice na seleção é útil para remover, por exemplo, objetos que tenham seu contínuo superestimado devido a uma superposição de espectros. Porém, para inserir esse filtro, é necessário que os índices estejam na mesma escala para todos os objetos, o que não ocorre no caso das fontes brilhantes, pois seus

espectros estão sujeitos à saturação. Esse efeito pode ocorrer devido à superexposição das placas fotográficas do HES, uma vez que uma mesma placa pode conter tanto objetos brilhantes quanto estrelas mais fracas.

Dessa forma, para as fontes brilhantes, uma vez que uma dada região do espectro tenha atingido o nível de saturação, esta não receberá mais nenhuma contribuição vinda do objeto. No entanto, a região da banda G (e outras regiões em absorção) continua recebendo fótons, o que diminui o contraste entre o contínuo e banda, e consequentemente diminui o valor dos índices de linha. Esse efeito pode ser claramente visto na Figura 5.1, que mostra uma fonte brilhante saturada no painel superior, em comparação com uma fonte não saturada no painel inferior.

Figura 5.1: Painel superior: exemplo de fonte brilhante saturada. Painel inferior: exemplo de espectro não saturado. Note a diferença na ordem de grandeza no eixo y , que representa as contagens.

Nota-se que o espectro saturado possui o nível do contínuo mais plano e com linhas em absorção menos intensas. Além disso, o número máximo de contagens do objeto não saturado é mais de uma ordem de grandeza menor que o valor correspondente da fonte

saturada. Sendo assim, espera-se que esse efeito prejudique a identificação das estrelas CEMP a partir dos índices GPE e EGP. É possível que alguns objetos próximos ao nível de saturação não possuam, de fato, uma banda G pronunciada (estrelas sem enriquecimento em carbono), mas nesse caso é mais correto aplicar uma correção em GPE e EGP para incluir objetos com valores menores de índices (e excluí-los posteriormente caso necessário) do que eliminá-los antes na inspeção visual.

Figura 5.2: Distribuição dos índices de linha GPE e EGP para os objetos da segunda subamostra, divididos por tipo de fonte. A escala do eixo y é dada em frequência relativa, para facilitar a visualização.

A Figura 5.2 mostra as distribuições dos índices de linha, separadas por tipo de fonte, e a distribuição total dos objetos da segunda subamostra. É possível notar o efeito da saturação das fontes brilhantes nos valores dos índices de linha, principalmente para a distribuição em GPE. Assim, antes de proceder com a inspeção visual, foi necessário desenvolver um método para corrigir os índices de linha das fontes brilhantes, com o intuito de adicionar a informação perdida devido à saturação.

5.2 Correções de Saturação para Fontes Brilhantes

Para compensar o efeito da saturação nos espectros das fontes brilhantes, foi feito um procedimento de correção estatística, que não levou em conta apenas efeitos de saturação individuais, mas sim tendências para grupos específicos de objetos. Essa correção foi feita a partir dos valores da variável *spcmag* do HES, que é uma medida interna de magnitude do *survey*, baseada na densidade fotográfica integrada na banda B_J (medida nas placas do DSS - também chamada BHES). O valor limite de B_J para o qual a saturação ocorre varia entre as placas fotográficas do HES, portanto não pode ser utilizado como um parâmetro uniforme para as correções dos índices das fontes brilhantes. No entanto, a quantidade *spcmag* é um bom indicador global do nível de saturação, ou seja, deve ser válido para todas as placas.

Figura 5.3: Comportamento da magnitude B em função da magnitude interna *spcmag*.

O comportamento da magnitude interna *spcmag* em função da magnitude B_J , para as fontes saturadas e não saturadas, é exibido na Figura 5.3. Nota-se que, de fato, os dois tipos de fonte não compartilham o mesmo intervalo das grandezas apresentadas, o que também caracteriza as diferenças intrínsecas entre eles. Assim, é feita a hipótese de que,

para um dado intervalo de *spcmag*, as fontes brilhantes apresentarão o mesmo nível de saturação nos índices de linha. Dessa forma, para corrigir tal efeito, deve-se comparar a distribuição dos índices em cada intervalo com a distribuição para as fontes não saturadas.

A amostra contendo as fontes brilhantes (com 18532 objetos) foi dividida em nove partes segundo os valores de *spcmag*. As distribuições normalizadas para cada parte foram comparadas com a distribuição normalizada das fontes não saturadas (contendo todos os 62311 objetos classificados como *stars*). As Figuras 5.4 e 5.5 mostram, respectivamente, as distribuições para os índices GPE e EGP. Os histogramas em preto representam a distribuição das fontes não saturadas. Os histogramas em verde representam a distribuição dos índices para cada uma das nove divisões, cujo número de objetos, intervalo e valor médio de *spcmag* são mostrados em cada painel. Os histogramas em vermelho mostram as distribuições corrigidas, determinadas segundo o critério explicado a seguir.

Para uma dada distribuição, GPE_I , EGP_I , GPE_F e EGP_F são, respectivamente, os valores máximos das distribuições saturadas (I) e não saturadas (F) dos índices GPE e EGP. Assim, as correções de saturação para cada divisão em *spcmag* são quantificadas pelo deslocamento horizontal de cada distribuição, de forma que os valores máximos das distribuições coincidam. Porém, foi feito um teste para garantir que estes deslocamentos (ΔGPE e ΔEGP nas Figuras 5.4 e 5.5) são aqueles que melhor representam as correções. Definiu-se então uma “medida de equivalência” q para cada um dos índices de linha:

$$q_{GPE} = \sum (f_{GPE_e} - f_{GPE_o})^2 \text{ e } q_{EGP} = \sum (f_{EGP_e} - f_{EGP_o})^2, \quad (5.3)$$

onde f_{GPE_e} e f_{GPE_o} são, respectivamente, os valores de frequência esperada (relacionada às fontes não saturadas - histogramas em preto) e de frequência observada (para o conjunto de fontes saturadas - histogramas em verde) para um dado valor de GPE. Assim, os valores de q representam a soma dos quadrados das diferenças entre dois histogramas. A seguir, calcula-se este parâmetro para uma série de valores de deslocamento, dentro do intervalo $[GPE_I, GPE_F]$. O tamanho dos passos utilizados é dado pela resolução dos histogramas (2.0 Å para GPE e 0.030 mag para EGP). O valor final de ΔGPE é aquele associado ao menor valor de q_{GPE} . O mesmo procedimento se aplica para as correções do índice EGP. Como resultado, os deslocamentos associados aos valores mínimos de q , coincidiram com os valores esperados para todas as distribuições exceto aquelas onde *spcmag* > 12.75 mag.

Figura 5.4: Histogramas normalizados para correção do índice GPE, divididos em intervalos de *spcmag*.

Figura 5.5: Histogramas normalizados para correção do índice EGP, divididos em intervalos de $spcmag$.

É interessante notar que os deslocamentos das distribuições para o índice EGP são proporcionalmente menores do que os valores para GPE, sendo que para o intervalo $12.26 < \text{spcmag}(\text{mag}) < 12.75$ não existe deslocamento em EGP. Além disso, os valores dos deslocamentos tendem a diminuir com o aumento de *spcmag* até ~ 12.75 mag. A partir deste ponto os valores voltam a aumentar. Ao analisar os histogramas das Figuras 5.4 e 5.5, pode-se concluir que esse aumento (para *spcmag* > 12.75 mag) atribui-se principalmente à forma das distribuições que, por conterem objetos mais fracos, apresentam valores mais dispersos para os índices de linha. Com efeito, foi feita a opção de não levar em conta os deslocamentos calculados para as três últimas distribuições mostradas nas Figuras 5.4 e 5.5. Para estas (painéis 7, 8 e 9 das figuras) foram utilizados os valores calculados de ΔGPE e ΔEGP para a distribuição imediatamente anterior a elas (painel 6 das figuras). A Tabela 5.1 sumariza os resultados encontrados:

Tabela 5.1 - Parâmetros adotados para as correções de saturação.

#	<i>n</i>	<i>spcmag</i> (mag)			GPE(Å)			EGP(mag)		
		mínimo	máximo	médio	GPE _I	GPE _F	ΔGPE	EGP _I	EGP _F	ΔEGP
1	764	10.92	11.50	11.40	11	31	20	-0.795	-0.675	0.12
2	2385	11.51	11.75	11.65	13	31	18	-0.795	-0.675	0.12
3	4155	11.76	12.00	11.89	15	31	16	-0.735	-0.675	0.06
4	3983	12.01	12.25	12.12	19	31	12	-0.705	-0.675	0.03
5	2495	12.26	12.50	12.37	21	31	10	-0.675	-0.675	0.00
6	1692	12.51	12.75	12.63	23	31	8	-0.675	-0.675	0.00
7	1425	12.76	13.00	12.88	15	31	8 ^a	-0.705	-0.675	0.00 ^a
8	1074	13.01	13.25	13.12	17	31	8 ^a	-0.765	-0.675	0.00 ^a
9	550	13.26	14.09	13.41	19	31	8 ^a	-0.795	-0.675	0.00 ^a

^aValores adotados a partir dos critérios explicados no texto.

Uma vez encontrados os deslocamentos necessários para corrigir os índices de linha em cada intervalo de *spcmag*, procedeu-se com a determinação das funções de correção para GPE e EGP. Para tanto, foram feitos ajustes polinomiais para os pares de dados [*avg*(*spc*) , ΔGPE] e [*avg*(*spc*) , ΔEGP], como pode ser visto na Figura 5.6.

Figura 5.6: Ajustes polinomiais para as correções de saturação dos índices de linha.

Foram feitas algumas tentativas de ajustar os dados disponíveis com polinômios desde grau 1 até 5, sendo que os erros associados aos parâmetros mostraram-se menores para o ajuste de grau 4. No entanto, mesmo estes ajustes não se mostraram satisfatórios para os intervalos $spc\,mag < 11.40$, onde as funções ajustadas decrescem rapidamente, e $spc\,mag > 12.63$, que mostra um aumento inesperado nos valores dos deslocamentos. Assim, as correções aplicadas aos objetos com $spc\,mag < 11.40$ são aquelas associadas aos menores valores de $avg(spc)$: 20 Å para GPE e 0.12 mag para EGP. Para os objetos que apresentam $spc\,mag > 12.63$, utiliza-se 8 Å para GPE e para EGP não são feitas correções (ver discussão acima e Tabela 5.1). A equação resultante do ajuste para o índice GPE é dada por:

$$F_{GPE} = -371276 + 120767 \cdot [avg(spc)] - 14707.10 \cdot [avg(spc)]^2 + 794.77 \cdot [avg(spc)]^3 - 16.08 \cdot [avg(spc)]^4, \quad (5.4)$$

onde $[avg(spc)]$ são os valores médios de cada distribuição corrigida, que são substituídos

pelos valores de *spcmag* para os calculos dos valores finais dos índices. Então, os critérios de correção de saturação do índice GPE para as fontes brilhantes são:

$$\Delta\text{GPE}(\text{\AA}) = \begin{cases} 20, & \text{spcmag} < 11.40 \\ F_{\text{GPE}}(\text{spcmag}), & 11.40 \leq \text{spcmag} \leq 12.63 \\ 8, & \text{spcmag} > 12.63 \end{cases}$$

Da mesma forma, para o índice EGP tem-se:

$$\begin{aligned} F_{\text{EGP}} = & -3527.32 + 1139.05 \cdot [\text{avg}(\text{spc})] - 137.65 \cdot [\text{avg}(\text{spc})]^2 \\ & + 7.38 \cdot [\text{avg}(\text{spc})]^3 - 0.15 \cdot [\text{avg}(\text{spc})]^4, \end{aligned} \quad (5.5)$$

sendo os critérios finais para a correção de saturação:

$$\Delta\text{EGP}(\text{mag}) = \begin{cases} 0.12, & \text{spcmag} < 11.40 \\ F_{\text{EGP}}(\text{spcmag}), & 11.40 \leq \text{spcmag} \leq 12.63 \\ 0, & \text{spcmag} > 12.63 \end{cases}$$

Uma vez aplicados os conjuntos de correções de saturação mostrados acima para as fontes brilhantes, foi possível refazer a distribuição dos índices de linha para os 80843 objetos da segunda subamostra, cujos resultados estão exibidos na Figura 5.7. Além disso, os conjuntos de critérios de correção dos índices GPE e EGP determinados nesta seção foram inseridos na base de dados do HES, com o objetivo de incluir as fontes brilhantes em futuras seleções e buscas por estrelas CEMP.

Ao inspecionar a Figura 5.7, nota-se claramente o deslocamento da distribuição das fontes brilhantes em relação àquela mostrada na Figura 5.2. Além desse deslocamento, é possível perceber que as distribuições corrigidas ocupam um intervalo menor dos índices de linha, devido ao fato das correções serem quantificadas a partir dos valores de *spcmag*. Dessa forma, torna-se possível aplicar um mesmo conjunto de restrições para os índices de linha tanto para as fontes não saturadas quanto para as fontes brilhantes.

Figura 5.7: Distribuição dos índices de linha corrigidos da segunda subamostra.

5.3 Critério de seleção baseado nos índices GPE e EGP

Uma vez que os índices de linha encontram-se em uma escala comum para os dois tipos de fonte presentes na segunda subamostra, torna-se possível aplicar apenas um conjunto de restrições para selecionar candidatas a estrelas CEMP. A vantagem de se trabalhar com os dois índices na mesma região do espectro reside no fato de que eventuais erros, por exemplo, no cálculo do contínuo, não afetarão os dois valores, pois os índices GPE e EGP foram calculados de formas distintas. Este procedimento é semelhante àquele adotado por [Christlieb et al. \(2001\)](#), que utilizaram um conjunto de índices para localizar as estrelas ricas em carbono (ver Tabela 4.6 desta tese). Também, pelo fato dos índices serem diretamente proporcionais (como visto no Capítulo 2 desta tese), desvios consideráveis dessa relação podem ser interpretados como erros e podem ser separados mais facilmente do restante da amostra. Assim, obtém-se um maior grau de confiança na seleção de objetos, o que diminui o tempo da inspeção visual.

A Figura 5.8 mostra a distribuição de GPE em função do índice de cor $(J-K)_0$ para os 80843 objetos da segunda subamostra e também para as contrapartidas em baixa resolução dos espectros das estrelas presentes no estudo de Aoki et al. (2007). De forma distinta daquela mostrada na Seção 4.1.1, onde foram selecionados apenas objetos com $GPE > 30 \text{ \AA}$, a Figura 5.8 exibe restrições tanto em GPE quanto em EGP ($31 \text{ \AA}$ e -0.675 , respectivamente). Estes limites são os valores mais frequentes das distribuições dos índices, como mostrado nas Figuras 5.4 e 5.5.

Figura 5.8: Comportamento do índice GPE em função de $(J-K)_0$ para os dados da segunda subamostra, separados em dois intervalos de EGP. Os círculos pretos mostram os dados de Aoki et al. (2007).

No total, a segunda subamostra contém 41454 objetos com $GPE > 31 \text{ \AA}$ e 42823 objetos com $EGP > -0.675$, sendo que 31889 satisfazem ambas as condições. É interessante notar que na primeira subamostra uma fração de $\sim 7\%$ foi selecionada após a restrição em GPE. Já para a segunda subamostra, essa fração é de $\sim 51\%$, o que confirma a eficiência das restrições aplicadas à base de dados do HES (Seção 5.1) e das correções de saturação dos índices de linha (Seção 5.2). Dessa forma, pode-se restringir ainda mais a subamostra, com o intuito de selecionar uma fração maior de estrelas CEMP. É possível notar um acúmulo de objetos com $(J-K)_0 > 0.7$ na Figura 5.8, que foram pré-selecionados devido

ao método menos restritivo de seleção no plano KP *vs.* $(J-K)_0$, que utiliza uma função constante de $[Fe/H] = -2.0$. Os trabalhos de Christlieb et al. (2008) e Schörck et al. (2009) utilizam como restrição uma função constante de $[Fe/H] = -2.5$, que seleciona com sucesso estrelas com metalicidades menores. Visto que um dos objetivos deste trabalho é obter dados de estrelas em um grande intervalo de metalicidade, restringir a amostra em metalicidade não é ideal. Dessa forma, optou-se por impor $(J-K)_0 < 0.7$, que também pode ser justificado pelo fato de que, para estrelas mais frias, a precisão das determinações de metalicidade a partir de espectros com resolução moderada são limitadas tanto pela falta de estrelas de calibração quanto pela baixa intensidade da linha $H\delta$, utilizada como indicador de temperatura (Schörck et al., 2009).

Figura 5.9: Distribuição dos índices de linha GPE e EGP para os dados da segunda subamostra. As linhas pretas mostram os limites definidos para a inspeção visual das candidatas a estrelas CEMP. Os círculos pretos mostram os dados de Aoki et al. (2007).

O comportamento dos índices GPE e EGP para os objetos da segunda subamostra com $(J-K)_0 < 0.7$ é exibido na Figura 5.9, juntamente aos dados referentes às estrelas do trabalho de Aoki et al. (2007). As duas linhas cheias mostram as restrições impostas aos índices. No caso do EGP, 4 estrelas do trabalho de Aoki et al. (2007) foram excluídas dos critérios de seleção. De forma análoga àquela adotada no Capítulo 4 desta tese, os

valores adotados são um compromisso entre o número de objetos que seriam sujeitos à inspeção visual e a possível fração de candidatas a estrelas CEMP encontradas. Visto que dos 27083 objetos da segunda amostra com $GPE > 31 \text{ \AA}$, $EGP > -0.675$ e $(J-K)_0 > 0.7$, 16767 encontram-se entre $-0.675 < EGP < -0.560$, foi feita a opção de não selecionar este último intervalo de EGP.

Pelo exposto acima, as restrições finais aplicadas aos índices de linha corrigidos e ao índice de cor $(J-K)_0$ dos objetos da segunda subamostra foram: (i) $GPE > 31 \text{ \AA}$; (ii) $EGP > -0.56 \text{ mag}$; (iii) $(J-K)_0 < 0.7 \text{ mag}$. Este conjunto de restrições selecionou 10314 objetos, que foram sujeitos à inspeção visual, como mostrado na próxima seção.

5.4 Inspeção Visual

A inspeção visual, dos objetos selecionados da segunda subamostra segundo as restrições apresentadas, procedeu seguindo a mesma metodologia daquela apresentada na Seção 4.1.2. Mesmo com a inclusão das fontes brilhantes, os objetos foram classificados a partir das mesmas prescrições descritas na Tabela 4.2. De modo semelhante à primeira subamostra, a distribuição das classes atribuídas via inspeção visual da segunda subamostra foi dominada por objetos com a linha K do Ca II intensa (*mpcc*). Esse fato pode ser justificado pela distribuição cumulativa de metalicidade (ver, por exemplo, [Beers e Christlieb, 2005](#)) que, para uma dada amostra de estrelas de campo do halo da Galáxia, mostra um aumento na fração relativa de estrelas com o aumento da metalicidade. No entanto, dados os conjuntos distintos de restrições adotados (incluindo a utilização do índice EGP), esperava-se que a distribuição dos objetos entre as demais classes apresentadas fosse diferente. A Tabela 5.2 exibe a distribuição dos 10314 espectros inspecionados:

Tabela 5.2 - Distribuição das candidatas selecionadas via inspeção visual.

Classe	nº de objetos	Classe	nº de objetos	Classe	nº de objetos
mpca	55	fhlc	317	nois	2320
mpcb	452	unid	224	ovl	1038
mpcc	5184	hbab	0	art	721
		habs	3		

Nota-se um elevado número de objetos com baixa razão sinal/ruído. Isto ocorre pelo fato de não ter sido feita nenhuma restrição nos valores de magnitude dos objetos, com o objetivo de selecionar estrelas mais distantes e/ou menos luminosas, e aumentar a probabilidade de amostrar, por exemplo, o halo externo da Galáxia. Ademais, as classes *mpca*, *mpcb* e *fhlc* obtiveram um número satisfatório de candidatas, proporcionalmente maior do que aquele determinado para a primeira subamostra (ver Tabela 4.3), o que significa que as frações de estrelas com $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.0$ deve aumentar em relação à inspeção anterior.

Outra observação importante é a de que foram encontrados apenas três objetos com linhas intensas de hidrogênio na amostra, pertencentes à classe *habs*. Isso se deve, em parte, à restrição $(J-K)_0 > 0.2$, mas principalmente devido à combinação dos índices de linha GPE e EGP, já que os valores de EGP para esses objetos tendem a ser menores do que aqueles para objetos mais frios, pois estes últimos apresentam um contraste maior entre a banda da linha e o fluxo integrado na região do vermelho.

Figura 5.10: Comportamento dos índices de linha para os objetos inspecionados da segunda subamostra, divididos de acordo com as classes da Tabela 4.3.

A Figura 5.10 mostra a distribuição dos índices de linha para as estrelas inspecionadas, excluindo as classes *nois*, *ovl* e *art*. As demais classes apresentam-se distribuídas homo-

geneamente na região preenchida pelos objetos, com exceção das estrelas de classe *mpca* e *mpcb*, que se concentram em uma região com menores valores dos índices. Os três objetos da classe *habs* encontram-se próximos aos limites inferiores dos índices de linha. Em adição, ao comparar a Figura 5.10 com a região delimitada da Figura 5.9, percebe-se que existe uma tendência clara entre os índices, e que objetos distantes dessa tendência (por exemplo, com valores de $GPE < 40 \text{ \AA}$ e $EGP > 0.3 \text{ mag}$) possuem espectros associados às classes excluídas da figura, que contêm valores espúrios para os índices.

As estrelas com a linha K do Ca II intensa (*mpcc*) encontram-se distribuídas por quase todo o plano delimitado pelos índices de linha. Assim, conclui-se que estas apresentarão uma variedade de valores de $[C/Fe]$. Nesse mesmo contexto, elas também encontrar-se-ão em um amplo intervalo de metalicidades, uma vez que até mesmo estrelas gigantes frias com $[Fe/H] \sim -2.0$ apresentam linhas de cálcio intensas (Schörck et al., 2009).

Figura 5.11: Comportamento do índice GPE em função da cor $(J-K)_0$. Os símbolos utilizados são os mesmos exibidos na Figura 5.10.

O comportamento do índice de cor $(J-K)_0$ em função de GPE é exibido na Figura 5.11. Nota-se um acúmulo dos objetos com linhas moleculares de carbono intensas (*fhlc*) com o aumento de $(J-K)_0$. Essa é uma consequência direta da relação entre a temperatura

dos objetos e a presença de bandas moleculares no espectro. Além disso, a fração de estrelas com temperaturas mais elevadas (*habs* e *hbab*), na região $(J-K)_0 \lesssim 0.3$, diminui em relação àquela apresentada na primeira subamostra (ver Figura 4.5). Assim, conclui-se que a combinação de GPE e EGP é eficiente tanto em filtrar contaminações na amostra quanto em selecionar candidatas a estrelas CEMP.

Por fim, foi feita uma busca na literatura por objetos da segunda subamostra que já tenham sido identificados por outros estudos. Dentre as 6235 estrelas pertencentes às classes exibidas nas Figuras 5.10 e 5.11, 5454 não constam em nenhum estudo até o momento. Estes objetos, juntamente com as 669 candidatas encontradas com a metodologia apresentada no Capítulo 4, são listados no Apêndice C desta tese, com valores de GPE e classificação atribuída via inspeção visual.

5.5 Discussão

Neste capítulo foi apresentado um método de busca por estrelas CEMP baseado na combinação dos índices de linha GPE e EGP, desenvolvidos neste trabalho (ver Seções 2.2 e 2.3, respectivamente). De forma alternativa àquela apresentada no Capítulo 4, as seleções nos planos *índice de cor vs. KP* foram feitas antes da imposição de restrições nos índices da banda G, resultando em um número maior de candidatas a estrelas pobres em metais na subamostra.

A inclusão de fontes brilhantes na segunda subamostra de dados do HES, sujeitas à saturação, resultou no desenvolvimento de uma metodologia de correção dos índices de linha, baseada em características fotométricas das placas fotográficas do *survey*. Após aplicar as correções à base de dados, o comportamento dos índices de linha foi comparado com os valores de índice para as contrapartidas em baixa resolução das estrelas CEMP de Aoki et al. (2007), com o intuito de localizar a região de maior concentração de estrelas ricas em carbono no plano GPE *vs.* EGP. Estabelecido um compromisso entre as restrições para os índices de linha e o número de candidatas para inspeção visual, foram selecionados 10314 objetos que apresentam $GPE > 30 \text{ \AA}$, $EGP > -0.56 \text{ mag}$ e $(J-K)_0 < 0.7 \text{ mag}$.

As correções de saturação, aliadas às restrições impostas para os índices de linha, dobraram o número de fontes brilhantes presentes na inspeção visual. Além disso, este método alternativo selecionou uma fração maior de estrelas com bandas moleculares intensas de

carbono (*fhlc*), ou seja, a utilização conjunta dos índices engloba o método de seleção proposto por Christlieb et al. (2001), além de selecionar também as estrelas ricas em carbono mais quentes. Finalmente, a combinação de GPE e EGP excluiu com sucesso objetos com linhas intensas de hidrogênio, que foram selecionados como contaminação na primeira subamostra. A Tabela 5.3 apresenta as frações efetivas das duas subamostras, onde foram excluídas as classes *nois*, *ovl* e *art*.

Tabela 5.3 - Comparação dos resultados das inspeções visuais.

	primeira subamostra		segunda subamostra	
Classe	<i>n</i>	fração	<i>n</i>	fração
<i>mpca</i>	4	0.07%	55	0.88%
<i>mpcb</i>	293	5.32%	452	7.25%
<i>mpcc</i>	4711	85.58%	5184	83.14%
<i>fhlc</i>	31	0.56%	317	5.08%
<i>unid</i>	155	2.81%	224	3.60%
<i>hbab</i>	235	4.28%	0	0.00%
<i>habs</i>	76	1.38%	3	0.05%
Total	5505	100%	6235	100%

Alguns pontos importantes podem ser levantados acerca das frações exibidas na Tabela 5.3: (i) as amostras “limpas” possuem um número próximo de candidatas, porém a segunda subamostra não possui restrições em magnitude, o que ajuda a diminuir o viés para estrelas mais brilhantes e/ou mais próximas; (ii) as frações associadas à classe *mpcc* para as duas subamostras são muito próximas, o que sugere que as estrelas dessa classe estão igualmente distribuídas no espaço de parâmetros associado às inspeções visuais; (iii) as frações para as classes *mpca* e *fhlc* cresceram uma ordem de grandeza para a segunda subamostra, e formam um subconjunto com grande probabilidade de ocorrência de estrelas EMP ($[\text{Fe}/\text{H}] < -3.0$) ricas em carbono; (iv) os objetos com linhas intensas de hidrogênio (classes *habs* e *hbab*), que foram considerados como contaminação da primeira subamostra, foram (com exceção de três objetos) removidos da segunda subamostra pelo método de seleção baseado na combinação dos índices de linha e pela restrição imposta em $(J-K)_0$; (v) as classes *mpcb* e *unid* não tiveram mudanças consideráveis em suas frações.

A Figura 5.12 mostra seis objetos selecionados pela inspeção visual da segunda subamostra, pertencentes às classes *mpca*, *mpcc* e *fhlc*. Estes são exemplos claros de alguns dos alvos principais de estudo deste trabalho. Os painéis superiores mostram dois exemplos de estrelas com bandas moleculares de carbono, que são naturalmente selecionadas pois também apresentam uma banda G intensa. Os painéis centrais mostram duas candidatas a estrelas EMP, em que a linha K do Ca II é extremamente fraca, o que sugere um valor de metalicidade abaixo de -3.0 . Em contrapartida, os painéis inferiores mostram duas estrelas com linhas de Ca intensas, sendo que HE 2152–4307 apresenta um forte enriquecimento em carbono ($GPE = 55.39 \text{ \AA}$).

Figura 5.12: Candidatas selecionadas por inspeção visual da segunda subamostra do HES. Os painéis superiores mostram estrelas com bandas moleculares de carbono intensas (*fhlc*). Nos painéis centrais e inferiores estão exibidas, respectivamente, estrelas com a linha K do Ca II fraca (*mpca*) e intensa (*mpcc*). Também estão identificadas as principais linhas características de cada espectro.

O fato de serem selecionados objetos com intensidades da banda G e da linha K do Ca II tão distintas reitera uma das conclusões apresentadas no Capítulo 4 (e confirmada por observações em média resolução - [Placco et al., 2010a](#)), de que a busca por estrelas pobres em metais baseada na abundância em carbono é bem sucedida em amostrar um grande intervalo de metalicidades, e pode ajudar a desvendar os principais motivos do comportamento das abundâncias de carbono em função da quantidade de metais ([Pols et al., 2009](#); [Masseron et al., 2010](#)).

Deste modo, o método de seleção a partir da combinação dos índices GPE e EGP obtém resultados satisfatórios no que se refere à busca por estrelas CEMP, e mostra-se capaz de eliminar contaminações na amostra. A lista com 5454 candidatas a estrelas CEMP inéditas HES ([Placco et al., 2010b](#), - em preparação) enriquece a literatura nessa área e fornece subsídios para continuar a busca pelas estrelas mais pobres em metais da Galáxia ([Christlieb et al., 2008](#); [Li et al., 2010](#)).

Vale lembrar que um passo essencial nos estudos de estrelas CEMP é a espectroscopia em alta resolução, que fornece abundâncias químicas para vários elementos químicos, inclusive aqueles formados por processos de captura de nêutrons. Nesse ínterim, a pré-seleção de candidatas interessantes para estudos desse tipo tem um papel fundamental no direcionamento de projetos observacionais, e colabora com a otimização do tempo dispendido na escolha de alvos.

Conclusões

De uma maneira concisa, é possível sumarizar os principais resultados encontrados nesta tese, e também apresentar perspectivas para pesquisas futuras, baseadas nas contribuições deixadas por este trabalho.

6.1 Principais Resultados

- **Busca por estrelas CEMP:** Este trabalho demonstrou, através das novas definições de índices de linha para a banda G e da análise das duas subamostras extraídas da parte estelar do *Hamburg/ESO Survey*, que é possível buscar estrelas pobres em metais a partir da hipótese de que uma grande fração destas será rica em carbono. Além disso, os novos métodos de busca propostos, exibidos nas Seções 4.1.1 e 5.3, tornaram possível incluir nas buscas as estrelas ricas em carbono que possuem temperaturas mais elevadas e por isso não satisfazem os critérios propostos pelo trabalho de Christlieb et al. (2001). Como resultado, foram selecionados objetos em uma grande faixa de abundância de carbono e metalicidade.
- **Novos índices de linha para a banda G do CH:** Foram introduzidos dois novos índices de linha, GPE e EGP, para a região da banda G, em 4304Å. Estes índices superam as falhas dos índices definidos anteriormente na literatura para a mesma região do espectro (Seção 2.1). Além disso, pelo fato do índice GPE (Seção 2.2) utilizar um contínuo “verdadeiro” ao invés da interpolação linear de bandas laterais, e do índice EGP (Seção 2.3) utilizar uma razão de fluxos que não depende do contínuo, estes podem ser utilizados em conjunto (como visto no Capítulo 5 desta

tese) para evitar contaminações na amostra (provenientes, por exemplo, de estrelas com linhas intensas da série de Balmer do hidrogênio), diminuir o número de objetos para inspeção visual e direcionar melhor esforços observacionais para buscar por estrelas CEMP em média resolução.

- **Introdução de novo parâmetro para a base de dados do HES:** Os novos índices de linha GPE e EGP definidos nesta tese foram calculados para toda a parte estelar do HES, com mais de 4.4 milhões de espectros disponíveis em baixa resolução (Seção 3.2.2). Ademais, foram calculadas correções de saturação dos índices de linha para todas as fontes brilhantes (ver Seção 5.2) e, em seguida, estes parâmetros foram inseridos na base de dados do HES. Desta forma, os índices também podem ser utilizados como critério de seleção para buscas por estrelas pobres em metais enriquecidas em carbono realizadas no futuro.
- **Novas estrelas pobres em metais adicionadas à literatura:** O estudo piloto (Capítulo 4 desta tese e Placco et al., 2010a) baseado na nova metodologia para buscar estrelas pobres em metais com enriquecimento em carbono gerou uma lista de 669 estrelas inéditas na literatura. Destas, 132 foram observadas com o telescópio SOAR e tiveram seus espectros em média resolução obtidos com o espectrógrafo *Goodman*. A análise feita posteriormente, utilizando ferramentas como o SSPP para o cálculo dos parâmetros atmosféricos e síntese espectral para a determinação das abundâncias de carbono, mostrou que 5 estrelas possuem $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.5$, 25 possuem $-2.5 \leq [\text{Fe}/\text{H}] \leq -2.0$, 28 possuem $-2.0 < [\text{Fe}/\text{H}] \leq -1.5$, 28 possuem $-1.5 < [\text{Fe}/\text{H}] \leq -1.0$ e 46 estrelas apresentam metalicidades $[\text{Fe}/\text{H}] > -1.0$. A distribuição de metalicidade destes objetos (Figura 4.10) reproduz satisfatoriamente os resultados encontrados na literatura (Carollo et al., 2007) para as diversas componentes estruturais da Galáxia. Em relação às abundâncias de carbono, metade das estrelas com $[\text{Fe}/\text{H}] < -1.0$ apresentam $[\text{C}/\text{Fe}] > +0.5$. Além disso, a fração encontrada de estrelas CEMP com $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.0$ é de 43% e quatro das cinco candidatas com $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.5$ exibem $[\text{C}/\text{Fe}] > +1.0$. Também foram identificadas, a partir de estimativas das abundâncias dos elementos bário e estrôncio, 9 estrelas que satisfazem a classificação de CEMP-s e 4 estrelas ricas em carbono que não apresen-

tam enriquecimento em elementos formados pelo processo-s, chamadas de CEMP-no. Nesse ínterim, foram confirmadas as tendências crescentes entre as abundâncias de bário e estrôncio e a abundância de carbono, que corroboram com as hipóteses de enriquecimento por transferência de matéria em sistemas binários (ver, por exemplo, [Lucatello et al., 2006](#)) para as estrelas CEMP-s.

- **Lista com candidatas a estrelas CEMP inéditas:** A análise da segunda subamostra extraída do HES (Capítulo 5 desta tese e [Placco et al., 2010b](#), - em preparação) gerou, após inspeção visual de 10314 espectros em baixa resolução, uma lista de 5454 candidatas a estrelas pobres em metais e ricas em carbono ainda não catalogadas, que inclui fontes brilhantes, cujos índices GPE e EGP foram corrigidos dos efeitos de saturação utilizando um método baseado em características fotométricas das placas fotográficas do *survey*. Além disso, ficou demonstrada a eficácia do uso de dois índices em conjunto para restringir o número de objetos sujeitos à inspeção visual e para diminuir a contaminação da amostra por estrelas com linhas intensas de hidrogênio. O uso do índice EGP mostrou-se muito útil para filtrar valores altos de GPE associados a erros nas placas fotográficas além de baixa razão sinal/ruído, pois o EGP não utiliza o cálculo do contínuo. As diferenças nas definições dos índices foram de vital importância para o sucesso das buscas por candidatas a estrelas CEMP, pois restringem ainda mais a região de ocorrência desses objetos no plano GPE *vs.* EGP. As frações para as classes *mpca* e *fhlc*, a primeira associada a estrelas EMP e a segunda relacionada com bandas moleculares intensas de carbono, cresceram uma ordem de grandeza em relação à primeira subamostra. O subconjunto formado por estes objetos será alvo de estudos dedicados em média/alta resolução, pois a probabilidade de encontrar estrelas com $[\text{Fe}/\text{H}] < -3.0$ ricas em carbono é elevada. A lista completa de objetos inéditos identificados pelos métodos propostos nos Capítulos 4 e 5 deste trabalho, com 6123 candidatas a estrelas CEMP, é exibida no Apêndice C. Este material tornar-se-á público, com o intuito de colaborar com o direcionamento de projetos observacionais dedicados a buscas por estrelas CEMP.

- **Pistas sobre a origem do carbono:** Dado o grande intervalo de valores encontrados, tanto para as grandezas calculadas nos espectros em baixa resolução (GPE e

EGP) quanto para aquelas calculadas em espectros em média resolução (parâmetros atmosféricos, $[C/Fe]$ e estimativas de $[Ba/Fe]$ e $[Sr/Fe]$), conclui-se que este espalhamento reflete não só um problema de amostragem (cujas listas de candidatas geradas por este trabalho pretendem auxiliar a resolver) mas também uma visão clara de quão intrincada é a estrutura e a evolução das diferentes populações estelares dentro da Via Láctea. As relações encontradas entre as abundâncias de bário, carbono e a metalicidade (ver Figura 4.16) sugerem que as estrelas CEMP-s, associadas à transferência de massa em sistemas binários, podem ocorrer até em metalicidades tão altas quanto -1.0 , sugerindo que o padrão de abundância desses objetos é dominado pela influência da companheira já extinta. Para restringir a faixa de massas e parâmetros cinemáticos desses sistemas binários, é necessário obter espectros em alta resolução, além de realizar monitoramento de velocidade radial (Aoki et al., 2008). Como foi mostrado na Figura 4.19, as estimativas de abundâncias de bário para estrelas com $[Fe/H] \sim -2.5$ podem variar em até duas ordens de grandeza, ou seja, estrelas com parâmetros atmosféricos muito semelhantes e formadas a partir de uma nuvem com mesma metalicidade podem apresentar evoluções e padrões de abundâncias completamente distintos. Este é o caso da estrela CEMP-no HE 0118–4834 ($[Fe/H] = -2.34$, $[C/Fe] = +2.09$ e $[Ba/Fe] = -0.88$). As abundâncias apresentadas por este objeto excluem a possibilidade de formação em um sistema binário, e sugerem fortemente uma fonte alternativa de enriquecimento em carbono (Beers e Christlieb, 2005). Dessa forma, é necessário um estudo mais detalhado desta estrela, para que possam ser determinadas, por exemplo, abundâncias de nitrogênio (para comparação com os modelos de Meynet et al., 2006) e chumbo, que pode explicar a baixa abundância de bário nas estrelas CEMP mesmo em sistemas binários (Cohen et al., 2006). Esse fato mostra todas as possibilidades abertas com a descoberta de novas estrelas CEMP. Até mesmo o conhecimento considerado bem estabelecido em relação às origens do carbono nas estrelas CEMP está sujeito a mudanças. Alguns estudos (por exemplo Masseron et al., 2010) argumentam que, para as estrelas CEMP-no, o enriquecimento em carbono diminui para metalicidades $[Fe/H] < -3.2$, fato que não é previsto por nenhum modelo de síntese em estrela AGB até o momento.

6.2 Perspectivas

- **Observações em média/alta resolução:** Uma vez que os métodos de busca por estrelas CEMP propostos por este trabalho foram testados e obtiveram resultados satisfatórios (Placco et al., 2010a), será possível fazer novos pedidos de tempo em telescópios de médio e grande porte, tais como SOAR e Gemini, com o objetivo de aumentar a lista de candidatas a estrelas CEMP observadas e contribuir para uma melhor estatística para o cálculo das frações destas estrelas em função da metalicidade (Pols et al., 2009). Além disso, pedidos individuais para espectroscopia em alta resolução de algumas das candidatas mais interessantes identificadas por este trabalho também serão feitos.
- **Projeto Observacional no Gemini:** Foram observadas 49 estrelas candidatas a estrelas CEMP adicionais da lista gerada por este trabalho (Capítulo 4) com o telescópio Gemini Sul, em um programa associado a condições climáticas adversas (*Bad Weather Proposal*). Mesmo sob estas condições, os espectros em média resolução observados possuem razão sinal ruído suficiente para aplicar os métodos descritos na Seção 4.2 desta tese. Os espectros dessas estrelas estão em processo de análise e os resultados serão publicados em breve. A execução deste projeto em tais condições abre um precedente importante para um futuro *survey* dedicado à observação de estrelas CEMP no halo da Galáxia.
- **Abundâncias de elementos formados por captura de nêutrons:** Os espectros em média resolução permitem os cálculos das abundâncias para alguns elementos formados por captura de nêutrons, tais como bário e estrôncio (ver Seção 4.3 desta tese). Além disso, uma vez confirmada a quais subclasses pertencem as estrelas CEMP (segundo a Tabela 1.2), é possível fazer observações em alta resolução para determinar padrões de abundâncias tanto de elementos formados pelo processo-s quanto pelo processo-r (Barklem et al., 2005; Jonsell et al., 2006).
- **Análise cinemática:** As estrelas observadas em média resolução poderão ter seus parâmetros cinemáticos (posições e velocidades espaciais) calculados, com o intuito de obter distribuições espaciais e funções de distribuição de metalicidade para os componentes estruturais da Galáxia (ver Figura 4.10 e Carollo et al., 2007). Em

adição, as abundâncias de carbono determinadas na Seção 4.2.2 desta tese poderão ser utilizadas também para identificar as diferentes populações estelares presentes na Via Láctea ([Carollo et al., 2010](#)).

Como pôde ser verificado ao longo deste projeto, e sumariado nestas conclusões, este trabalho aprimorou os métodos de busca por estrelas pobres em metais enriquecidas em carbono a partir de espectros em baixa resolução, contribuiu com uma lista de 6123 novas candidatas a estrelas CEMP e apresentou resultados de espectroscopia em média resolução para 132 estrelas inéditas na literatura. Estas contribuições, juntamente com os esforços teóricos e observacionais em curso na área de estrelas pobres em metais, possuem um papel importante na busca por descrições cada vez mais completas das origens das populações estelares e da estrutura da Galáxia.

Referências Bibliográficas

- Abazajian K. N., Adelman-McCarthy J. K., Agüeros M. A., Allam S. S., Allende Prieto C., An D., Anderson K. S. J., Anderson S. F., Annis J., Bahcall N. A. e. a., The Seventh Data Release of the Sloan Digital Sky Survey, *ApJS*, 2009, vol. 182, p. 543
- Allen D. M., Barbuy B., Analysis of 26 barium stars. II. Contributions of s-, r-, and p-processes in the production of heavy elements, *A&A*, 2006, vol. 454, p. 917
- Allende Prieto C., Sivarani T., Beers T. C., Lee Y. S., Koesterke L., Shetrone M., Sneden C., Lambert D. L., Wilhelm R., Rockosi C. M., Lai D. K., Yanny B., Ivans I. I., Johnson J. A., Aoki W., Bailer-Jones C. A. L., Re Fiorentin P., The SEGUE Stellar Parameter Pipeline. III. Comparison with High-Resolution Spectroscopy of SDSS/SEGUE Field Stars, *AJ*, 2008, vol. 136, p. 2070
- Alvarez R., Plez B., Near-infrared narrow-band photometry of M-giant and Mira stars: models meet observations, *A&A*, 1998, vol. 330, p. 1109
- Aoki W., Barklem P. S., Beers T. C., Christlieb N., Inoue S., García Pérez A. E., Norris J. E., Carollo D., Lithium Abundances of Extremely Metal-Poor Turnoff Stars, *ApJ*, 2009, vol. 698, p. 1803
- Aoki W., Beers T. C., Christlieb N., Norris J. E., Ryan S. G., Tsangarides S., Carbon-enhanced Metal-poor Stars. I. Chemical Compositions of 26 Stars, *ApJ*, 2007, vol. 655, p. 492

- Aoki W., Beers T. C., Sivarani T., Marsteller B., Lee Y. S., Honda S., Norris J. E., Ryan S. G., Carollo D., Carbon-Enhanced Metal-Poor Stars. III. Main-Sequence Turnoff Stars from the SDSS SEGUE Sample, *ApJ*, 2008, vol. 678, p. 1351
- Aoki W., Frebel A., Christlieb N., Norris J. E., Beers T. C., Minezaki T., Barklem P. S., Honda S., Takada-Hidai M., Asplund M., Ryan S. G., Tsangarides S., Eriksson K., Steinhauer A., Deliyannis C. P., Nomoto K., Fujimoto M. Y., Ando H., HE 1327-2326, an Unevolved Star with $[\text{Fe}/\text{H}] < -5.0$. I. A Comprehensive Abundance Analysis, *ApJ*, 2006, vol. 639, p. 897
- Aoki W., Norris J. E., Ryan S. G., Beers T. C., Ando H., Detection of Lead in the Carbon-rich, Very Metal-poor Star LP 625-44: A Strong Constraint on S-Process Nucleosynthesis at Low Metallicity, *ApJ*, 2000, vol. 536, p. L97
- Aoki W., Norris J. E., Ryan S. G., Beers T. C., Ando H., The Chemical Composition of Carbon-rich, Very Metal Poor Stars: A New Class of Mildly Carbon Rich Objects without Excess of Neutron-Capture Elements, *ApJ*, 2002, vol. 567, p. 1166
- Arlandini C., Käppeler F., Wisshak K., Gallino R., Lugaro M., Busso M., Straniero O., Neutron Capture in Low-Mass Asymptotic Giant Branch Stars: Cross Sections and Abundance Signatures, *ApJ*, 1999, vol. 525, p. 886
- Asplund M., Lambert D. L., Nissen P. E., Primas F., Smith V. V., Lithium Isotopic Abundances in Metal-poor Halo Stars, *ApJ*, 2006, vol. 644, p. 229
- Ballero S. K., Matteucci F., Chiappini C., The effects of Population III stars and variable IMF on the chemical evolution of the Galaxy, *New Astronomy*, 2006, vol. 11, p. 306
- Barbuy B., Cayrel R., Spite M., Beers T. C., Spite F., Nordstroem B., Nissen P. E., Analysis of two CH/CN-strong very metal-poor stars., *A&A*, 1997, vol. 317, p. L63
- Barklem P. S., Christlieb N., Beers T. C., Hill V., Bessell M. S., Holmberg J., Marsteller B., Rossi S., Zickgraf F.-J., Reimers D., The Hamburg/ESO R-process enhanced star survey (HERES). II. Spectroscopic analysis of the survey sample, *A&A*, 2005, vol. 439, p. 129

- Beers T. C., The Chemo-Dynamical History of the Milky Way as Revealed by SDSS/SEGUE, ArXiv e-prints, 2009
- Beers T. C., Christlieb N., The Discovery and Analysis of Very Metal-Poor Stars in the Galaxy, ARA&A, 2005, vol. 43, p. 531
- Beers T. C., Preston G. W., Shectman S. A., A search for stars of very low metal abundance. I, AJ, 1985, vol. 90, p. 2089
- Beers T. C., Preston G. W., Shectman S. A., A search for stars of very low metal abundance. II, AJ, 1992, vol. 103, p. 1987
- Beers T. C., Rossi S., Norris J. E., Ryan S. G., Shefler T., Estimation of Stellar Metal Abundance. II. A Recalibration of the Ca II K Technique, and the Autocorrelation Function Method, AJ, 1999, vol. 117, p. 981
- Behara N. T., Bonifacio P., Ludwig H., Sbordone L., González Hernández J. I., Caffau E., Three carbon-enhanced metal-poor dwarf stars from the SDSS. Chemical abundances from CO⁵BOLD 3D hydrodynamical model atmospheres, A&A, 2010, vol. 513, p. A72+
- Bessell M. S., Christlieb N., Gustafsson B., On the Oxygen Abundance of HE 0107-5240, ApJ, 2004, vol. 612, p. L61
- Bonifacio P., Spite M., Cayrel R., Hill V., Spite F., François P., Plez B., Ludwig H., Caffau E., Molaro P., Depagne E., Andersen J., Barbuy B., Beers T. C., Nordström B., Primas F., First stars XII. Abundances in extremely metal-poor turnoff stars, and comparison with the giants, A&A, 2009, vol. 501, p. 519
- Bromm V., Larson R. B., The First Stars, ARA&A, 2004, vol. 42, p. 79
- Burbidge E. M., Burbidge G. R., Fowler W. A., Hoyle F., Synthesis of the Elements in Stars, Reviews of Modern Physics, 1957, vol. 29, p. 547
- Campbell S. W., Lattanzio J. C., Evolution and nucleosynthesis of extremely metal-poor and metal-free low- and intermediate-mass stars. I. Stellar yield tables and the CEMPs, A&A, 2008, vol. 490, p. 769

- Cardiel N., Gorgas J., Cenarro J., Gonzalez J. J., Reliable random error estimation in the measurement of line-strength indices, *A&AS*, 1998, vol. 127, p. 597
- Carney B. W., Latham D. W., The kinematics of halo red giants, *AJ*, 1986, vol. 92, p. 60
- Carollo D., Beers T. C., Chiba M., Norris J. E., Freeman K. C., Lee Y. S., Ivezić Ž., Rockosi C. M., Yanny B., Structure and Kinematics of the Stellar Halos and Thick Disks of the Milky Way Based on Calibration Stars from Sloan Digital Sky Survey DR7, *ApJ*, 2010, vol. 712, p. 692
- Carollo D., Beers T. C., Lee Y. S., Chiba M., Norris J. E., Wilhelm R., Sivarani T., Marsteller B., Munn J. A., Bailer-Jones C. A. L., Fiorentin P. R., York D. G., Two stellar components in the halo of the Milky Way, *Nature*, 2007, vol. 450, p. 1020
- Castelli F., Kurucz R. L., New Grids of ATLAS9 Model Atmospheres. In *Modelling of Stellar Atmospheres* , vol. 210 of IAU Symposium, 2003, p. 20P
- Chamberlain J. W., Aller L. H., The Atmospheres of A-Type Subdwarfs and 95 Leonis., *ApJ*, 1951, vol. 114, p. 52
- Chiappini C., Matteucci F., Gratton R., The Chemical Evolution of the Galaxy: The Two-Infall Model, *ApJ*, 1997, vol. 477, p. 765
- Christlieb N., Finding the Most Metal-poor Stars of the Galactic Halo with the Hamburg/ESO Objective-prism Survey (With 6 Figures). In *Reviews in Modern Astronomy* , vol. 16 of Reviews in Modern Astronomy, 2003, p. 191
- Christlieb N., Beers T. C., Barklem P. S., Bessell M., Hill V., Holmberg J., Korn A. J., Marsteller B., Mashonkina L., Qian Y.-Z., Rossi S., Wasserburg G. J., Zickgraf F.-J., Kratz K.-L., Nordström B., Pfeiffer B., Rhee J., Ryan S. G., The Hamburg/ESO R-process Enhanced Star survey (HERES). I. Project description, and discovery of two stars with strong enhancements of neutron-capture elements, *A&A*, 2004, vol. 428, p. 1027
- Christlieb N., Bessell M. S., Beers T. C., Gustafsson B., Korn A., Barklem P. S., Karlsson T., Mizuno-Wiedner M., Rossi S., A stellar relic from the early Milky Way, *Nature*, 2002, vol. 419, p. 904

- Christlieb N., Green P. J., Wisotzki L., Reimers D., The stellar content of the Hamburg/ESO survey II. A large, homogeneously-selected sample of high latitude carbon stars, *A&A*, 2001, vol. 375, p. 366
- Christlieb N., Schörck T., Frebel A., Beers T. C., Wisotzki L., Reimers D., The stellar content of the Hamburg/ESO survey. IV. Selection of candidate metal-poor stars, *A&A*, 2008, vol. 484, p. 721
- Christlieb N., Wisotzki L., Reimers D., Homeier D., Koester D., Heber U., The stellar content of the Hamburg/ESO survey I. Automated selection of DA white dwarfs, *A&A*, 2001, vol. 366, p. 898
- Cohen J. G., McWilliam A., Sheckman S., Thompson I., Christlieb N., Melendez J., Ramirez S., Swensson A., Zickgraf F., Carbon Stars in the Hamburg/ESO Survey: Abundances, *AJ*, 2006, vol. 132, p. 137
- Cohen J. G., Sheckman S., Thompson I., McWilliam A., Christlieb N., Melendez J., Zickgraf F., Ramírez S., Swenson A., The Frequency of Carbon Stars among Extremely Metal-poor Stars, *ApJ*, 2005, vol. 633, p. L109
- Cowan J. J., Sneden C., Lawler J. E., den Hartog E. A., Collier J., Abundance Signatures in Halo Stars: Clues to Nucleosynthesis in the First Stars. In *First Stars III*, vol. 990 of American Institute of Physics Conference Series, 2008, p. 148
- Cruz M. A., Rossi S., Beers T. C., Searching for s-Process-Enhanced Metal-Poor Stars, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 2009, vol. 26, p. 335
- Dahn C. C., Liebert J., Kron R. G., Spinrad H., Hintzen P. M., G77-61 - A dwarf carbon star, *ApJ*, 1977, vol. 216, p. 757
- Dearborn D. S. P., Liebert J., Aaronson M., Dahn C. C., Harrington R., Mould J., Greenstein J. L., On the nature of the dwarf carbon star G77-61, *ApJ*, 1986, vol. 300, p. 314
- Depagne E., Hill V., Spite M., Spite F., Plez B., Beers T. C., Barbuy B., Cayrel R., Andersen J., Bonifacio P., François P., Nordström B., Primas F., *First Stars. II. Ele-*

- mental abundances in the extremely metal-poor star CS 22949–037. A diagnostic of early massive supernovae, *A&A*, 2002, vol. 390, p. 187
- Downes R. A., Margon B., Anderson S. F., Harris H. C., Knapp G. R., Schroeder J., Schneider D. P., York D. G., Pier J. R., Brinkmann J., Faint High-Latitude Carbon Stars Discovered by the Sloan Digital Sky Survey: An Initial Catalog, *AJ*, 2004, vol. 127, p. 2838
- Du C.-h., Zhou X., Ma J., Shi J.-r., Chen A. B.-C., Jiang Z.-j., Chen J.-s., The Metallicity Distribution of F/G Dwarfs Derived from BATC Survey Data, *AJ*, 2004, vol. 128, p. 2265
- Dunkley J., Komatsu E., Nolte M. R., Spergel D. N., Larson D., Hinshaw G., Page L., Bennett C. L., Gold B., Jarosik N., Weiland J. L., Halpern M., Hill R. S., Kogut A., Limon M., Meyer S. S., Tucker G. S., Wollack E., Wright E. L., Five-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe Observations: Likelihoods and Parameters from the WMAP Data, *ApJS*, 2009, vol. 180, p. 306
- Frebel A., Aoki W., Christlieb N., Ando H., Asplund M., Barklem P. S., Beers T. C., Eriksson K., Fechner C., Fujimoto M. Y., Honda S., Kajino T., Minezaki T., Nomoto K., Norris J. E., Ryan S. G., Nucleosynthetic signatures of the first stars, *Nature*, 2005, vol. 434, p. 871
- Frebel A., Christlieb N., Norris J. E., Beers T. C., Bessell M. S., Rhee J., Fechner C., Marsteller B., Rossi S., Thom C., Wisotzki L., Reimers D., Bright Metal-poor Stars from the Hamburg/ESO Survey. I. Selection and Follow-up Observations from 329 Fields, *ApJ*, 2006, vol. 652, p. 1585
- Frebel A., Norris J. E., Aoki W., Honda S., Bessell M. S., Takada-Hidai M., Beers T. C., Christlieb N., Chemical Abundance Analysis of the Extremely Metal-poor Star HE 1300+0157, *ApJ*, 2007, vol. 658, p. 534
- Fulbright J. P., Wyse R. F. G., Grebel E. K., RAVE collaboration Very Metal-poor Stars And The Rave Survey. In *Bulletin of the American Astronomical Society* , vol. 41 of *Bulletin of the American Astronomical Society*, 2010, p. 479

- García Pérez A. E., Aoki W., Inoue S., Ryan S. G., Suzuki T. K., Chiba M., $^6\text{Li}/^7\text{Li}$ estimates for metal-poor stars, *A&A*, 2009, vol. 504, p. 213
- Girard T. M., Dinescu D. I., van Altena W. F., Platais I., Monet D. G., López C. E., The Southern Proper Motion Program. III. A Near-Complete Catalog to $V=17.5$, *AJ*, 2004, vol. 127, p. 3060
- Goswami A., Aoki W., HD209621: abundances of neutron-capture elements, *MNRAS*, 2010, vol. 404, p. 253
- Goswami A., Aoki W., Beers T. C., Christlieb N., Norris J. E., Ryan S. G., Tsangarides S., A high-resolution spectral analysis of three carbon-enhanced metal-poor stars, *MNRAS*, 2006, vol. 372, p. 343
- Green P. J., Faint High-Latitude Carbon Stars, *PASP*, 1992, vol. 104, p. 977
- Grevesse N., Sauval A. J., Standard Solar Composition, *Space Science Reviews*, 1998, vol. 85, p. 161
- Hambly N. C., Davenhall A. C., Irwin M. J., MacGillivray H. T., The SuperCOSMOS Sky Survey - III. Astrometry, *MNRAS*, 2001, vol. 326, p. 1315
- Hanson R. B., Klemola A. R., Jones B. F., Monet D. G., Lick Northern Proper Motion Program. III. Lick NPM2 Catalog, *AJ*, 2004, vol. 128, p. 1430
- Herwig F., Evolution and Yields of Extremely Metal-poor Intermediate-Mass Stars, *ApJS*, 2004, vol. 155, p. 651
- Herwig F., Evolution of Asymptotic Giant Branch Stars, *ARA&A*, 2005, vol. 43, p. 435
- Hill V., Barbuy B., Spite M., Spite F., Cayrel R., Plez B., Beers T. C., Nordström B., Nissen P. E., Heavy-element abundances in the CH/CN-strong very metal-poor stars CS 22948-27 and CS 29497-34, *A&A*, 2000, vol. 353, p. 557
- Ito H., Aoki W., Honda S., Beers T. C., BD+44°493: A Ninth Magnitude Messenger from the Early Universe; Carbon Enhanced and Beryllium Poor, *ApJ*, 2009, vol. 698, p. L37

- Ivezić Ž., Lupton R. H., Schlegel D., Boroski B., Adelman-McCarthy J., Yanny B., Kent S., Stoughton C., Finkbeiner D., Padmanabhan N., SDSS data management and photometric quality assessment, *Astronomische Nachrichten*, 2004, vol. 325, p. 583
- Johnson J. A., Bolte M., Abundances in the Very Metal Poor s-Process-rich Star CS 22183-015, *ApJ*, 2002, vol. 579, p. L87
- Jonsell K., Barklem P. S., Gustafsson B., Christlieb N., Hill V., Beers T. C., Holmberg J., The Hamburg/ESO R-process enhanced star survey (HERES). III. HE 0338-3945 and the formation of the r + s stars, *A&A*, 2006, vol. 451, p. 651
- Kappeler F., Beer H., Wisshak K., s-process nucleosynthesis-nuclear physics and the classical model, *Reports on Progress in Physics*, 1989, vol. 52, p. 945
- Karlsson T., Primordial Stellar Feedback and the Origin of Hyper-Metal-poor Stars, *ApJ*, 2006, vol. 641, p. L41
- Knapp G. R., Tremonti C. A., Rockosi C. M., Schlegel D. J., Yanny B., Beers T. C., Allende Prieto C., Wilhelm R., Lupton R. H., Gunn J. E., Niederste-Ostholt M., Schneider D. P., Covey K., Seth A., Ivezić Ž., SDSS J103913.70+533029.7: A Super Star Cluster in the Outskirts of a Galaxy Merger, *AJ*, 2006, vol. 131, p. 859
- Landsman W. B., The IDL Astronomy User's Library. In *Bulletin of the American Astronomical Society*, vol. 21 of *Bulletin of the American Astronomical Society*, 1989, p. 784
- Lau H. H. B., Stancliffe R. J., Tout C. A., The evolution of low-metallicity asymptotic giant branch stars and the formation of carbon-enhanced metal-poor stars, *MNRAS*, 2009, vol. 396, p. 1046
- Lee Y. S., Beers T. C., Sivarami T., Allende Prieto C., Koesterke L., Wilhelm R., Fiorentin P., Bailer-Jones C. A. L., Norris J. E., Rockosi C. M., Yanny B., Newberg H. J., Covey K. R., Zhang H.-T., Luo A.-L., The Segue Stellar Parameter Pipeline. I. Description and Comparison of Individual Methods, *AJ*, 2008, vol. 136, p. 2022
- Li H. N., Christlieb N., Schörck T., Norris J. E., Bessell M. S., Yong D., Beers T. C., Lee Y. S., Frebel A., Zhao G., The stellar content of the Hamburg/ESO survey VI.

- The metallicity distribution of main-sequence turnoff stars in the Galactic halo, ArXiv e-prints, 2010
- Lucatello S., Beers T. C., Christlieb N., Barklem P. S., Rossi S., Marsteller B., Sivarani T., Lee Y. S., The Frequency of Carbon-enhanced Metal-poor Stars in the Galaxy from the HERES Sample, *ApJ*, 2006, vol. 652, p. L37
- Lucatello S., Gratton R., Cohen J. G., Beers T. C., Christlieb N., Carretta E., Ramírez S., Stellar Archaeology: A Keck Pilot Program on Extremely Metal-Poor Stars From the Hamburg/ESO Survey. III. The Lead (Pb) Star HE 0024-2523, *AJ*, 2003, vol. 125, p. 875
- Luck R. E., Bond H. E., Subgiant CH stars. II - Chemical compositions and the evolutionary connection with barium stars, *ApJS*, 1991, vol. 77, p. 515
- Margon B., Anderson S. F., Harris H. C., Strauss M. A., Knapp G. R., Fan X., Schneider D. P., Vanden Berk D. E., Schlegel D. J., Deutsch E. W., Ivezić Ž., Hall P. B., Williams B. F., Davidsen A. F., Faint High-Latitude Carbon Stars Discovered by the Sloan Digital Sky Survey: Methods and Initial Results, *AJ*, 2002, vol. 124, p. 1651
- Marsteller B. E., The frequency of carbon-enhanced metal-poor stars and the origin of carbon in the universe, Michigan State University, 2007, Tese de Doutorado
- Masseron T., Johnson J. A., Plez B., van Eck S., Primas F., Goriely S., Jorissen A., A holistic approach to carbon-enhanced metal-poor stars, *A&A*, 2010, vol. 509, p. A93+
- Masseron T., van Eck S., Famaey B., Goriely S., Plez B., Siess L., Beers T. C., Primas F., Jorissen A., CS 30322-023: an ultra metal-poor TP-AGB star?, *A&A*, 2006, vol. 455, p. 1059
- Meléndez J., Ramírez I., Casagrande L., Asplund M., Gustafsson B., Yong D., Do Nascimento J. D., Castro M., Bazot M., The solar, exoplanet and cosmological lithium problems, *Ap&SS*, 2009, pp 221–+
- Meynet G., Ekström S., Maeder A., The early star generations: the dominant effect of rotation on the CNO yields, *A&A*, 2006, vol. 447, p. 623

- Miller G. E., Scalo J. M., The initial mass function and stellar birthrate in the solar neighborhood, *ApJS*, 1979, vol. 41, p. 513
- Miralda-Escudé J., The Dark Age of the Universe, *Science*, 2003, vol. 300, p. 1904
- Morrison H. L., Norris J., Mateo M., Harding P., Olszewski E. W., Shectman S. A., Dohm-Palmer R. C., Helmi A., Freeman K. C., Mapping the Galactic Halo. VI. Spectroscopic Measures of Luminosity and Metallicity, *AJ*, 2003, vol. 125, p. 2502
- Munn J. A., Monet D. G., Levine S. E., Canzian B., Pier J. R., Harris H. C., Lupton R. H., Ivezić Ž., Hindsley R. B., Hennessy G. S., Schneider D. P., Brinkmann J., An Improved Proper-Motion Catalog Combining USNO-B and the Sloan Digital Sky Survey, *AJ*, 2004, vol. 127, p. 3034
- Nomoto K., Tominaga N., Umeda H., Kobayashi C., Maeda K., Nucleosynthesis yields of core-collapse supernovae and hypernovae, and galactic chemical evolution, *Nuclear Physics A*, 2006, vol. 777, p. 424
- Norris J. E., Beers T. C., Ryan S. G., Extremely Metal-poor Stars. VII. The Most Metal-poor Dwarf, CS 22876-032, *ApJ*, 2000, vol. 540, p. 456
- Norris J. E., Christlieb N., Korn A. J., Eriksson K., Bessell M. S., Beers T. C., Wisotzki L., Reimers D., HE 0557-4840: Ultra-Metal-Poor and Carbon-Rich, *ApJ*, 2007, vol. 670, p. 774
- Norris J. E., Ryan S. G., Beers T. C., Extremely Metal-poor Stars. IV. The Carbon-rich Objects, *ApJ*, 1997, vol. 488, p. 350
- Norris J. E., Ryan S. G., Beers T. C., Aoki W., Ando H., Extremely Metal-poor Stars. IX. CS 22949-037 and the Role of Hypernovae, *ApJ*, 2002, vol. 569, p. L107
- Piau L., Beers T. C., Balsara D. S., Sivarani T., Truran J. W., Ferguson J. W., From First Stars to the Spite Plateau: A Possible Reconciliation of Halo Stars Observations with Predictions from Big Bang Nucleosynthesis, *ApJ*, 2006, vol. 653, p. 300
- Placco V. M., Padrões de Abundâncias entre Estrelas Muito Pobres em Metais no Halo da Galáxia, Universidade de São Paulo, 2007, Dissertação de Mestrado

- Placco V. M., Christlieb N., Rossi S., Beers T. C., A Search for Additional Metal-Poor Candidates from HES using Carbon Abundance Estimates, em preparação, 2010
- Placco V. M., Kennedy C. R., Rossi S., Beers T. C., Lee Y. S., Christlieb N., Sivarani T., Reimers D., Wisotzki L., A Search for Unrecognized Carbon-Enhanced Metal-Poor Stars in the Galaxy, *AJ*, 2010, vol. 139, p. 1051
- Plez B., Cohen J. G., Analysis of the carbon-rich very metal-poor dwarf G77-61, *A&A*, 2005, vol. 434, p. 1117
- Pols O. R., Izzard R. G., Glebbeek E., Stancliffe R. J., The Puzzling Frequencies of CEMP and NEMP Stars, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 2009, vol. 26, p. 327
- Qian Y., Nuclear physics and astrophysics of the r-process, *Nuclear Physics A*, 2005, vol. 752, p. 550
- Qian Y., Wasserburg G. J., Stellar Sources for Heavy r-Process Nuclei, *ApJ*, 2003, vol. 588, p. 1099
- Raue M., Kneiske T., Mazin D., First stars and the extragalactic background light: how recent γ -ray observations constrain the early universe, *A&A*, 2009, vol. 498, p. 25
- Reimers D., A wide-angle objective prism survey for bright quasars., *The Messenger*, 1990, vol. 60, p. 13
- Reimers D., Wisotzki L., The Hamburg/ESO Survey., *The Messenger*, 1997, vol. 88, p. 14
- Roederer I. U., Frebel A., Shetrone M. D., Allende Prieto C., Rhee J., Gallino R., Bisterzo S., Sneden C., Beers T. C., Cowan J. J., The Hobby-Eberly Telescope Chemical Abundances of Stars in the Halo (CASH) Project. I. The Lithium-, s-, and r-enhanced Metal-poor Giant HKII 17435-00532, *ApJ*, 2008, vol. 679, p. 1549
- Roederer I. U., Kratz K., Frebel A., Christlieb N., Pfeiffer B., Cowan J. J., Sneden C., The End of Nucleosynthesis: Production of Lead and Thorium in the Early Galaxy, *ApJ*, 2009, vol. 698, p. 1963

- Röser S., An updated GSC as the astrometric reference for minor planet observations. In Dynamics, Ephemerides, and Astrometry of the Solar System , vol. 172 of IAU Symposium, 1996, p. 481
- Rossi S., Beers T. C., Sneden C., Carbon Abundances for Metal-Poor Stars Based on Medium-Resolution Spectra. In The Third Stromlo Symposium: The Galactic Halo , vol. 165 of Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 1999, p. 264
- Rossi S., Beers T. C., Sneden C., Sevastyanenko T., Rhee J., Marsteller B., Estimation of Carbon Abundances in Metal-Poor Stars. I. Application to the Strong G-Band Stars of Beers, Preston, and Shectman, AJ, 2005, vol. 130, p. 2804
- Ryan S. G., Observations of r- and s-process elements in population II stars, Nuclear Physics A, 2003, vol. 718, p. 317
- Ryan S. G., Aoki W., Norris J. E., Beers T. C., The Origins of Two Classes of Carbon-enhanced, Metal-poor Stars, ApJ, 2005, vol. 635, p. 349
- Salpeter E. E., The Luminosity Function and Stellar Evolution., ApJ, 1955, vol. 121, p. 161
- Salvadori S., Schneider R., Ferrara A., Cosmic stellar relics in the Galactic halo, MNRAS, 2007, vol. 381, p. 647
- Scalo J., The IMF Revisited: A Case for Variations. In The Stellar Initial Mass Function (38th Herstmonceux Conference) , vol. 142 of Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 1998, p. 201
- Schlegel D. J., Finkbeiner D. P., Davis M., Maps of Dust Infrared Emission for Use in Estimation of Reddening and Cosmic Microwave Background Radiation Foregrounds, ApJ, 1998, vol. 500, p. 525
- Schörck T., Christlieb N., Cohen J. G., Beers T. C., Shectman S., Thompson I., McWilliam A., Bessell M. S., Norris J. E., Meléndez J., The stellar content of the Hamburg/ESO survey. V. The metallicity distribution function of the Galactic halo, A&A, 2009, vol. 507, p. 817

- Schuler S. C., Margheim S. J., Sivarani T., Asplund M., Smith V. V., Cunha K., Beers T. C., Carbon Abundances of Three Carbon-Enhanced Metal-Poor Stars from High-Resolution Gemini-S/bHROS Spectra of the $\lambda 8727$ [C I] Line, *AJ*, 2008, vol. 136, p. 2244
- Shigeyama T., Tsujimoto T., Yoshii Y., Excavation of the First Stars, *ApJ*, 2003, vol. 586, p. L57
- Simmerer J., Sneden C., Cowan J. J., Collier J., Woolf V. M., Lawler J. E., The Rise of the s-Process in the Galaxy, *ApJ*, 2004, vol. 617, p. 1091
- Sivarani T., Beers T. C., Bonifacio P., Molaro P., Cayrel R., Herwig F., Spite M., Spite F., Plez B., Andersen J., Barbuy B., Depagne E., Hill V., François P., Nordström B., Primas F., First stars X. The nature of three unevolved carbon-enhanced metal-poor stars, *A&A*, 2006, vol. 459, p. 125
- Skrutskie M. F., Cutri R. M., Stiening R., Weinberg M. D., Schneider S., Carpenter J. M., Beichman C., Capps R., Chester T., Elias J. e. a., The Two Micron All Sky Survey (2MASS), *AJ*, 2006, vol. 131, p. 1163
- Smith G. H., Norris J., Subtle differences in the CN and CH bands of two M55 red giants, *PASP*, 1983, vol. 95, p. 635
- Sneden C., Cowan J. J., Lawler J. E., Ivans I. I., Burles S., Beers T. C., Primas F., Hill V., Truran J. W., Fuller G. M., Pfeiffer B., Kratz K.-L., The Extremely Metal-poor, Neutron Capture-rich Star CS 22892-052: A Comprehensive Abundance Analysis, *ApJ*, 2003, vol. 591, p. 936
- Sneden C., McWilliam A., Preston G. W., Cowan J. J., Burris D. L., Armosky B. J., The Ultra-Metal-poor, Neutron-Capture-rich Giant Star CS 22892-052, *ApJ*, 1996, vol. 467, p. 819
- Spite M., Spite F., Li isotopes in metal-poor halo dwarfs, a more and more complicated story, *ArXiv e-prints*, 2010
- Stancliffe R. J., Glebbeek E., Thermohaline mixing and gravitational settling in carbon-enhanced metal-poor stars, *MNRAS*, 2008, vol. 389, p. 1828

- Suda T., Katsuta Y., Yamada S., Suwa T., Ishizuka C., Komiya Y., Sorai K., Aikawa M., Fujimoto M. Y., Stellar Abundances for the Galactic Archeology (SAGA) Database — Compilation of the Characteristics of Known Extremely Metal-Poor Stars, PASJ, 2008, vol. 60, p. 1159
- Tody D., The IRAF Data Reduction and Analysis System. In Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series , vol. 627 of Presented at the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference, 1986, p. 733
- Tumlinson J., Chemical Evolution in Hierarchical Models of Cosmic Structure. I. Constraints on the Early Stellar Initial Mass Function, ApJ, 2006, vol. 641, p. 1
- Tumlinson J., Carbon-enhanced Hyper-Metal-poor Stars and the Stellar IMF at Low Metallicity, ApJ, 2007, vol. 665, p. 1361
- Wanajo S., Ishimaru Y., r-process calculations and Galactic chemical evolution, Nuclear Physics A, 2006, vol. 777, p. 676
- Wisotzki L., Christlieb N., Bade N., Beckmann V., Köhler T., Vanelle C., Reimers D., The Hamburg/ESO survey for bright QSOs. III. A large flux-limited sample of QSOs, A&A, 2000, vol. 358, p. 77
- Wyse R. F. G., Gilmore G., Norris J. E., Wilkinson M. I., Kleya J. T., Koch A., Evans N. W., Grebel E. K., Further Evidence of a Merger Origin for the Thick Disk: Galactic Stars along Lines of Sight to Dwarf Spheroidal Galaxies, ApJ, 2006, vol. 639, p. L13
- Yanny B., Rockosi C., Newberg H. J., Knapp G. R., Adelman-McCarthy J. K., Alcorn B., Allam S., Allende Prieto C., An D., Anderson K. S. J., Anderson S., Bailer-Jones C. A. L. e. a., SEGUE: A Spectroscopic Survey of 240,000 Stars with $g = 14-20$, AJ, 2009, vol. 137, p. 4377
- York D. G., Adelman J., Anderson Jr. J. E., Anderson S. F., Annis J., Bahcall N. A., Bakken J. A., Barkhouser R., Bastian S., Berman E., Boroski W. N., Bracker S., Briegel C. e. a., The Sloan Digital Sky Survey: Technical Summary, AJ, 2000, vol. 120, p. 1579

Zacharias N., Urban S. E., Zacharias M. I., Wycoff G. L., Hall D. M., Monet D. G., Rafferty T. J., The Second US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC2), *AJ*, 2004, vol. 127, p. 3043

Zwitter T., Siebert A., Munari U., Freeman K. C., Siviero A., Watson F. G., Fulbright J. P., Wyse R. F. G., Campbell R., Seabroke G. M., Williams M. e. a., The Radial Velocity Experiment (rave): Second Data Release, *AJ*, 2008, vol. 136, p. 421

Apêndice

Estrelas Observadas com o SOAR

Figura A.1: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (1).

Figura A.2: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (2).

Figura A.3: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (3).

Figura A.4: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (4).

Figura A.5: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (5).

Figura A.6: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (6).

Figura A.7: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (7).

Figura A.8: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (8).

Figura A.9: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (9).

Figura A.10: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (10).

Figura A.11: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (11).

Figura A.12: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (12).

Figura A.13: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (13).

Figura A.14: Espectros das estrelas observadas com o SOAR (14).

Código Fonte para Cálculo dos Índices de Linha

Figura B.1: Fluxograma de cálculo dos índices GPE e EGP

```

1 #!/bin/bash
2 #
3 # xindex - extracts, calibrates, estimates continuum,
4 #           calculates two line indices and generates eps plots.
5 #
6 # usage: ./xindex.sh XXXX-XXXX (for HE~XXXX-XXXX)
7 #
8 # vmplacco@iag - September/2008
9 #
10 #####
11
12 henum=$1
13
14 linenameA=GPE
15 linenameB=EGP
16
17 lline=4200
18 uline=4400
19 lred=4425
20 ured=4520
21
22 ##### PostgreSQL #####
23
24 psql hes << PSQL
25
26     \pset format 'unaligned'
27     \pset fieldsep '\t'
28     \pset footer
29     \pset tuples_only
30     \psel title
31
32     \o ~/tags.dat
33
34     SELECT flag_file,sequence FROM hesflag WHERE henum='$henum';
35
36     \o \q
37
38 PSQL
39
40 #####
41
42 flag='head -1 tags.dat | cut -f1 '
43 seq='head -1 tags.dat | cut -f2 '
44
45 ##### IRAF #####
46
47 cl -old << IRAF
48
49 onedspec

```

```

50  imcopy ~/hes/db/fits/0$flag/hes$flag.fits[*,$seq] aux$henum.fits
51  ctio
52  lambda aux$henum.fits > aux$henum.dat
53  imdel aux$henum.fits
54  log
55
56  IRAF
57
58  ##### CALIBRATION #####
59
60  awk '
61  {
62      col1=$1/10000000000
63      a=-2953.588
64      b=8.218377E10
65      c=7.675455E16
66      col2=sqrt((b+sqrt((b**2)+4*(col1-a)*c))/(2*(col1-a)))
67      printf("%.30f\t%.5f\n",col2,$2)
68  }' aux$henum.dat | tac > $henum.dat
69
70  ##### CONTINUUM #####
71
72  cat > continuo.pro << FILE
73
74      pro continuo
75
76      ASC.READ, '$henum.dat',SL=5,LL=3000,LAMB,COUNT
77      CFIT4555,LAMB,COUNT,10,6,0.5,6,CONT
78      num1=N_ELEMENTS(CONT)
79
80      openw, lun, 'aux01.dat', /GETLUN
81      FOR j=0, num1-1 DO BEGIN
82
83          PRINTF, lun, LAMB[j],COUNT[j],CONT[j]
84
85      ENDFOR
86      free_lun, lun
87
88      set_plot, 'ps'
89      device, filename='0$henum.eps'
90
91      !P.MULTI=[0,1,2]
92      PLOT,LAMB,COUNT,xtitle='lambda (A)',ytitle='#'
93      OPLOT,LAMB,CONT
94      PLOT,LAMB,COUNT-CONT,xtitle='lambda (A)',ytitle='count-cont'
95      PLOTS,LAMB,0
96
97      device,/close
98      set_plot,'x'
99

```

```

100  END
101
102  FILE
103
104  idl << IDL
105
106      continuo
107      exit
108
109  IDL
110
111  tr -s ' ' "\t" < aux01.dat | cut -f2- > c$henum.dat
112
113  ##### CONT INDEX #####
114
115  awk '
116  {
117      ($1>='$iline' && $1<='$uline')
118      printf("%.06f\t%.25f\t%.25f\n", $1, $2, $3)
119  }' c$henum.dat > line$linenameA.dat
120
121  head -n 1 line$linenameA.dat > first.dat
122  tail -n 1 line$linenameA.dat > last.dat
123
124  cat first.dat | cut -d ' ' -f1 first.dat > 01h
125  cat first.dat | cut -d ' ' -f2 first.dat > 02h
126  cat first.dat | cut -d ' ' -f3 first.dat > 03h
127
128  cat last.dat | cut -d ' ' -f1 last.dat > 01t
129  cat last.dat | cut -d ' ' -f2 last.dat > 02t
130  cat last.dat | cut -d ' ' -f3 last.dat > 03t
131
132  paste -d "\t" 01h 02h > ah
133  paste -d "\t" 01h 03h > bh
134  paste -s ah bh > lineh.dat
135
136  paste -d "\t" 01t 02t > at
137  paste -d "\t" 01t 03t > bt
138  paste -s at bt > linet.dat
139
140  rm 01* 02* 03* a[ht] b[ht] first.dat last.dat
141
142  jca='cat line$linenameA.dat | wc -l'
143
144  mkdir area/
145
146  for (( i=1;i<=$jca;i++)) do
147      {
148          head -n 1 auxq > $i.par
149          sed -e "s/'head -n 1 auxq'/d" auxq > auxb

```



```

150     rm auxq
151     mv auxb auxq
152     mv $i.par area
153 }
154 done
155
156 rm auxq
157
158 cd area/
159
160 for ((d=1;d<$jca;d++)) do
161 {
162     e='echo "($d+1)" | bc -l '
163
164     aaxb='cat $d.par | cut -d ' ' -f1 $d.par '
165     aaxr='cat $e.par | cut -d ' ' -f1 $e.par '
166     aaylb='cat $d.par | cut -d ' ' -f2 $d.par '
167     aaylr='cat $e.par | cut -d ' ' -f2 $e.par '
168     aaycb='cat $d.par | cut -d ' ' -f3 $d.par '
169     aaycr='cat $e.par | cut -d ' ' -f3 $e.par '
170
171     axb='echo "a=$aaxb/1; if(0>a)a*=-1;a" | bc -l '
172     axr='echo "a=$aaxr/1; if(0>a)a*=-1;a" | bc -l '
173     aylb='echo "a=$aaylb/1; if(0>a)a*=-1;a" | bc -l '
174     aylr='echo "a=$aaylr/1; if(0>a)a*=-1;a" | bc -l '
175     aycb='echo "a=$aaycb/1; if(0>a)a*=-1;a" | bc -l '
176     ayrcr='echo "a=$aaycr/1; if(0>a)a*=-1;a" | bc -l '
177
178     avg2='echo "((( $aylb)+($aylr))/(( $aycb)+($aycr)))" | bc -l '
179     seq2='echo "((( $axr)-($axb))*(1-($avg2)))" | bc -l '
180
181     echo "$seq2" >> final$linenameA
182 }
183 done
184
185 awk 'sum+=1 { printf("%.6f\n",sum)}' final$linenameA > area$linenameA
186
187 areaf2='cat area$linenameA | tail -n 1 area$linenameA '
188
189 rm final$linenameA area$linenameA
190 cd ../
191
192 ##### PLOT #####
193
194 gnuplot << GNUPLOT
195
196     set term postscript eps enhanced color
197     set output '1$henum.eps'
198     set encoding iso
199     set size 1.15,0.85

```

```

200
201     set mxtics 5
202     set mytics 5
203
204     set xrange [ $lline -400:$uline +400]
205     set xlabel '{/Symbol 1}({/Helvetica \305})'
206     set ylabel 'counts'
207
208     set title '$linenameA index: $areaf2 - line band: $lline - $uline'
209
210     plot \
211     \
212     'c$henum.dat' u 1:2 notitle w lines lt 1 lw 1,\
213     'c$henum.dat' u 1:3 notitle w lines lt 7 lw 1,\
214     'lineh.dat' notitle w lines lt 2 lw 2.5,\
215     'linet.dat' notitle w lines lt 2 lw 2.5,\
216     'line$linenameA.dat' u 1:2 notitle w lines lt 2 lw 2.5, \
217     'line$linenameA.dat' u 1:3 notitle w lines lt 3 lw 2.5
218
219     exit
220
221 GNUPLOT
222
223 rm *$linenameA* line[ht].dat aux* continuo.pro
224 rm -rf area/
225
226 ##### AREA INDEX #####
227
228 awk '
229 {
230     ($1>='$lline' && $1<='$uline')
231     printf("%.06f\t%.25f\n",$1,$2)
232 }' c$henum.dat > line$linenameB.dat
233
234 awk '
235 {
236     ($1>='$lred' && $1<='$ured')
237     printf("%.06f\t%.25f\n",$1,$2)
238 }' c$henum.dat > red$linenameB.dat
239
240 head -n 1 line$linenameB.dat > firstl.dat
241 tail -n 1 line$linenameB.dat > lastl.dat
242
243 llx='cat firstl.dat | cut -d ' ' -f1 '
244 lly='cat firstl.dat | cut -d ' ' -f2 '
245 lux='cat lastl.dat | cut -d ' ' -f1 '
246 luy='cat lastl.dat | cut -d ' ' -f2 '
247
248 lineband='echo '($lux-$llx)' | bc -l '
249

```

```

250 head -n 1 red$linenameB.dat > firststr.dat
251 tail -n 1 red$linenameB.dat > laststr.dat
252
253 rlx='cat firststr.dat | cut -d ' ' -f1 '
254 rly='cat firststr.dat | cut -d ' ' -f2 '
255 rux='cat laststr.dat | cut -d ' ' -f1 '
256 ruy='cat laststr.dat | cut -d ' ' -f2 '
257
258 redband='echo '($rux-$rlx)' | bc -l '
259
260 rm col0* first*.dat last*.dat
261
262 cp line$linenameB.dat auxq
263 cp red$linenameB.dat auxqr
264
265 jcb='cat line$linenameB.dat | wc -l '
266
267 mkdir area/
268
269 for (( i=1;i<=$jcb;i++)) do
270 {
271     head -n 1 auxq > $i.par
272     sed -e 's/`head -n 1 auxq`/d' auxq > auxb
273     rm auxq
274     mv auxb auxq
275     mv $i.par area
276 }
277 done
278
279 rm auxq
280
281 cd area/
282
283 ##### LINE AREA #####
284
285 for (( d=1;d<=$jcb;d++)) do
286 {
287     e='echo '($d+1)' | bc -l '
288
289     aaxlb='cat $d.par | cut -d ' ' -f1 $d.par '
290     aaxlr='cat $e.par | cut -d ' ' -f1 $e.par '
291     aaylb='cat $d.par | cut -d ' ' -f2 $d.par '
292     aaylr='cat $e.par | cut -d ' ' -f2 $e.par '
293
294     axlb='echo "a=$aaxlb/1; if(0>a)a*=-1;a" | bc -l '
295     axlr='echo "a=$aaxlr/1; if(0>a)a*=-1;a" | bc -l '
296     aylyb='echo "a=$aaylb/1; if(0>a)a*=-1;a" | bc -l '
297     aylr='echo "a=$aaylr/1; if(0>a)a*=-1;a" | bc -l '
298
299     seq='echo "((( $axlr-$axlb)*($aylyb+$aylr))/2)" | bc -l '

```

```

300
301     echo "$seq" >> final$linenameB
302 }
303 done
304
305 awk 'sum+= $1 {printf("%.6f\n",sum)}' final$linenameB > area$linenameB
306
307 zareaaf='cat area$linenameB | tail -1'
308 rm final$linenameB area$linenameB
309
310 #####
311
312 cd ../
313 mkdir arear/
314
315 jcr='cat red$linenameB.dat | wc -l'
316
317 for ((i=1;i<=$jcr;i++)) do
318 {
319     head -n 1 auxqr > r$i.par
320     sed -e 's/ head_-n_1_auxqr /d' auxqr > auxbr
321     rm auxqr
322     mv auxbr auxqr
323     mv r$i.par arear
324 }
325 done
326
327 cd arear/
328
329 ##### RED BAND #####
330
331 for ((d=1;d<$jcr;d++)) do
332 {
333     e='echo "$d+1)" | bc -l'
334
335     raaxlb='cat r$d.par | cut -d ' ' -f1 r$d.par'
336     raaxlr='cat r$e.par | cut -d ' ' -f1 r$e.par'
337     raaylb='cat r$d.par | cut -d ' ' -f2 r$d.par'
338     raaylr='cat r$e.par | cut -d ' ' -f2 r$e.par'
339
340     raxlb='echo "a=$raaxlb/1; if (0>a) a*=-1;a" | bc -l'
341     raxlr='echo "a=$raaxlr/1; if (0>a) a*=-1;a" | bc -l'
342     raylb='echo "a=$raaylb/1; if (0>a) a*=-1;a" | bc -l'
343     raylr='echo "a=$raaylr/1; if (0>a) a*=-1;a" | bc -l'
344
345     rseq='echo "((( $raxlr-$raxlb)*($raylb+$raylr))/2)" | bc -l'
346
347     echo "$rseq" >> rfinal$linenameB
348 }
349 done

```

```

350
351 awk 'sum+=$1 {printf("%.6f\n",sum)}' rfina$linenameB > area$linenameB
352
353 zrarea$='cat area$linenameB | tail -1'
354 rm rfina$linenameB area$linenameB
355
356 indice='echo "scale=5;(-2.5*(1($zarea/$zrarea)/1(10)))" | bc -l'
357 cd ../
358
359 ##### PLOT #####
360
361 gnuplot << GNUPLOT
362
363     set term postscript eps enhanced color
364     set output '2$henum.eps'
365     set encoding iso
366     set size 1.15,0.85
367
368     set mxtics 5
369     set mytics 5
370
371     set xrange[$lline-400:$ured+400]
372     set xlabel '{/Symbol 1}({/Helvetica \305})'
373     set ylabel 'counts'
374
375     set title '$linenameB index: $indice - line band: $lline - $uline'
376
377     set arrow from $llx,0 to $llx,$lly nohead lt 2 lw 2.5
378     set arrow from $lux,0 to $lux,$luy nohead lt 2 lw 2.5
379     set arrow from $rlx,0 to $rlx,$rly nohead lt 1 lw 2.5
380     set arrow from $rux,0 to $rux,$ruy nohead lt 1 lw 2.5
381
382     plot \
383     \
384     'c$henum.dat' notitle w l 7, \
385     'red$linenameB.dat' notitle w lines lt 1 lw 2.5, \
386     'line$linenameB.dat' notitle w lines lt 2 lw 2.5
387
388     exit
389
390 GNUPLOT
391
392 #####
393
394 rm -rf area/ arear/
395 rm aux* red* tags.dat *$henum* *$linenameB*
396
397 echo $henum $areaf2 $indice

```


Apêndice C

Objetos Inéditos Classificados por Inspeção Visual

Tabela C.1 - Objetos inéditos selecionados neste trabalho. O índice GPE é dado em Å.

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0000+0008	35.5	mpcb	HE0250-3412	33.1	mpcc	HE0536-5211	35.2	mpcc	HE1319-2708	38.1	mpcc	HE2217-1104	45.3	mpcc
HE0000-0151	46.0	mpcc	HE0250-3535	43.2	fhlc	HE0536-5647	31.5	mpcb	HE1320-1130	34.3	mpcb	HE2217-1618	45.1	mpcc
HE0000-0451	54.5	mpcc	HE0251-1645	57.5	mpcc	HE0537-4849	30.5	mpcb	HE1320-1641	43.5	mpcc	HE2217-2106	55.9	mpcc
HE0000-0633	47.4	mpcc	HE0251-1944	32.8	mpcc	HE0537-5650	38.2	unid	HE1320-2536	68.2	mpcc	HE2217-2307	40.5	mpcc
HE0000-1326	54.6	mpcc	HE0251-2346	47.9	mpcc	HE0538-3933	40.1	mpcc	HE1320-2911	60.0	mpcc	HE2217-2657	41.2	mpcc
HE0000-2132	47.2	mpcc	HE0251-5926	43.8	mpcc	HE0538-4116	50.2	mpcc	HE1321-0448	43.0	mpcc	HE2217-3218	31.1	mpcc
HE0000-2400	32.7	mpcc	HE0251-6154	48.9	mpcc	HE0538-4905	50.5	mpcc	HE1321-0733	48.9	mpcc	HE2217-3218	31.9	mpcb
HE0000-3029	49.7	mpcc	HE0252-0626	51.7	mpcc	HE0538-5010	56.7	mpcc	HE1321-1652	41.1	mpcc	HE2217-3439	44.0	unid
HE0000-3710	54.9	mpcc	HE0252-0947	37.8	fhlc	HE0539-5302	65.3	unid	HE1321-1652	43.3	mpcc	HE2217-3532	41.2	mpcc
HE0000-3909	34.3	mpcc	HE0252-4145	37.8	mpcc	HE0540-3733	46.6	mpcc	HE1321-2003	38.7	mpcc	HE2217-3532	41.5	mpcc
HE0000-4424	38.7	mpcb	HE0253-0058	36.7	mpcc	HE0540-3938	34.2	mpcc	HE1321-2437	52.6	unid	HE2217-3556	51.2	mpcc
HE0000-4424	44.9	mpcc	HE0253-0111	50.4	mpcc	HE0540-4108	41.2	mpcc	HE1321-3133	31.6	unid	HE2217-5507	51.7	mpcc
HE0000-4517	35.4	mpcc	HE0253-1236	49.0	mpcc	HE0540-4646	56.3	mpcc	HE1322-0623	57.8	mpcc	HE2217-5915	52.7	mpcc
HE0000-5406	32.3	mpcc	HE0253-3503	49.5	mpcb	HE0540-4950	59.0	unid	HE1322-1343	43.7	unid	HE2218-0236	36.2	mpcc
HE0000-5418	38.6	mpcc	HE0253-4239	50.4	mpcc	HE0540-5017	53.6	mpcc	HE1322-1452	38.5	mpcc	HE2218-2643	35.3	mpcc
HE0000-5857	49.4	mpcc	HE0254-0751	42.8	mpcc	HE0540-5510	48.4	mpcc	HE1322-1452	46.3	mpcb	HE2218-2900	52.4	mpcc
HE0001+0211	48.0	mpcc	HE0254-2916	57.3	mpcc	HE0541-4014	32.9	mpcc	HE1323-1021	36.7	mpcc	HE2218-3731	48.2	mpcc
HE0001-3325	48.0	mpcc	HE0254-2953	39.4	mpcc	HE0541-4255	43.8	mpcc	HE1323-1145	36.3	mpcc	HE2218-4319	51.4	mpcc
HE0001-4354	44.4	mpcc	HE0254-5828	34.4	mpcc	HE0542-4240	32.3	mpcc	HE1323-1354	36.2	mpcc	HE2218-5113	37.4	mpcc
HE0002-1037	60.1	fhlc	HE0255-0906	32.8	mpcc	HE0542-4301	39.8	mpcc	HE1323-2645	32.0	mpcc	HE2218-5643	36.9	mpcc
HE0002-1933	34.6	mpcc	HE0255-1946	45.6	mpcc	HE0542-5343	34.7	unid	HE1323-2653	38.3	mpcc	HE2218-6117	43.6	mpcc
HE0002-2130	38.2	mpcc	HE0255-2137	33.6	mpcc	HE0542-5707	36.6	mpcc	HE1324-0306	42.0	mpcc	HE2219-1357	30.3	mpcb
HE0002-3203	35.5	unid	HE0255-3403	49.4	mpcc	HE0542-5708	44.4	mpcc	HE1324-1132	39.3	mpcc	HE2219-1422	39.3	mpcc
HE0002-4029	39.3	mpcb	HE0255-3417	39.8	mpcc	HE0543-4227	36.2	unid	HE1324-1546	54.1	mpcc	HE2219-1951	56.1	mpcc
HE0002-4142	32.5	mpcc	HE0255-3645	49.5	fhlc	HE0543-5049	40.4	mpcc	HE1324-2333	40.8	mpcb	HE2219-2247	39.8	mpcc
HE0002-4355	43.5	mpcc	HE0255-4048	35.2	mpcc	HE0543-5644	51.9	mpcc	HE1324-2814	38.0	mpcc	HE2219-2333	53.2	mpcc
HE0003-0709	40.5	mpcc	HE0255-4048	37.2	mpcc	HE0544-4028	43.6	mpcc	HE1324-2814	39.5	mpcc	HE2219-2802	35.0	mpcc
HE0003-1602	38.4	mpcc	HE0255-4810	42.1	mpcc	HE0544-4243	33.9	mpcc	HE1325+0224	44.2	mpcc	HE2219-2922	33.7	mpcc
HE0003-2352	35.5	mpcc	HE0256-0339	57.4	mpcc	HE0544-4352	35.3	mpcc	HE1325-0129	41.7	mpcc	HE2219-3054	33.0	mpcc
HE0003-2935	39.8	mpcc	HE0256-0551	43.5	mpcc	HE0544-5037	42.6	mpcc	HE1325-0947	55.1	mpcc	HE2219-3719	38.0	mpcc
HE0003-3935	43.3	mpcc	HE0256-2353	49.1	mpcc	HE0544-5120	50.5	mpcb	HE1325-1054	39.2	unid	HE2219-3729	43.6	mpcc
HE0003-4832	38.4	mpcc	HE0256-2543	36.9	mpcc	HE0544-5251	31.2	mpcc	HE1326+0228	42.8	mpcc	HE2219-4702	37.7	fhlc
HE0003-6216	38.8	mpcc	HE0256-3609	42.1	mpcc	HE0544-5516	40.6	mpcc	HE1326-0630	52.1	mpcc	HE2220-0451	42.1	mpcc
HE0003-6522	45.6	mpcb	HE0256-3727	37.4	mpcc	HE0545-4252	47.0	mpcc	HE1326-0713	51.2	mpcc	HE2220-0851	44.3	mpcc
HE0004-0259	65.0	mpcc	HE0256-3845	42.9	unid	HE0545-5028	52.8	mpcb	HE1326-1242	41.0	mpcc	HE2220-1007	38.8	mpcc
HE0004-1547	39.1	mpcc	HE0256-4948	44.1	mpcc	HE0545-5159	40.1	mpcc	HE1327-0445	33.0	mpcc	HE2220-1010	38.3	mpcc
HE0004-2456	46.9	mpcc	HE0256-5655	45.4	mpcc	HE0546-3840	35.4	mpcc	HE1327-1131	40.6	mpcc	HE2220-1010	39.4	mpcc
HE0004-2519	40.4	mpcc	HE0257-0036	47.2	mpcc	HE0546-4421	45.7	fhlc	HE1327-1546	36.8	mpcc	HE2220-1103	34.8	mpcc
HE0004-2546	37.8	fhlc	HE0257-0823	39.5	mpcc	HE0546-5257	49.8	mpcb	HE1327-2101	34.6	mpcc	HE2220-1103	36.4	mpcc
HE0004-2715	35.8	mpcc	HE0257-1547	45.8	mpca	HE0547-3744	32.7	mpcc	HE1327-3028	33.9	mpcc	HE2220-1232	43.4	mpcc
HE0004-3058	43.9	mpcc	HE0257-1924	35.6	fhlc	HE0548-4508	50.8	fhlc	HE1328-0822	44.8	mpcc	HE2220-2135	45.5	mpcb
HE0004-3116	38.3	mpcc	HE0257-2031	38.8	mpcc	HE0550-4024	40.6	mpcc	HE1328-1322	43.6	mpcc	HE2220-2241	58.9	mpcc
HE0004-4305	47.0	mpcc	HE0257-2259	56.9	mpcc	HE0550-4027	51.4	mpcc	HE1328-1333	35.5	unid	HE2220-2250	34.3	fhlc
HE0004-5204	50.7	mpcc	HE0257-3704	34.3	mpcc	HE0550-5011	43.9	unid	HE1328-1429	66.1	mpcc	HE2220-2524	43.9	mpcc
HE0004-5806	54.7	mpcc	HE0257-6201	45.1	mpcc	HE0551-4727	39.6	mpcc	HE1328-1614	45.1	mpcc	HE2220-2531	45.5	mpcc
HE0004-6521	36.0	mpcc	HE0258-0449	45.0	mpcc	HE0551-5520	61.1	mpcc	HE1328-2112	60.3	mpcc	HE2220-2545	57.8	mpcc
HE0005-0757	42.7	mpcc	HE0258-1129	47.8	mpcc	HE0552-5252	48.6	mpcc	HE1328-2408	41.1	mpcc	HE2220-2644	39.3	mpcc
HE0005-2350	35.8	mpcc	HE0258-2006	58.1	mpcc	HE0553-5519	41.8	mpcb	HE1328-2808	40.1	mpcc	HE2220-3914	33.2	mpcc
HE0005-2907	51.0	mpcc	HE0258-3049	42.7	mpcc	HE0554-5318	47.9	mpcc	HE1329+0103	36.4	mpcc	HE2220-3957	42.5	mpcc
HE0005-3051	42.1	mpcc	HE0258-3530	51.0	mpcc	HE0555-4801	39.9	unid	HE1329-1907	57.9	mpcc	HE2220-5347	41.2	mpcc
HE0006-4423	36.9	mpcc	HE0258-5107	39.5	mpcc	HE0555-5002	46.9	mpcc	HE1329-2344	46.9	mpcc	HE2220-7036	41.1	mpcc
HE0006-4546	47.2	mpcc	HE0259-0958	33.5	mpcc	HE0555-5120	38.5	mpcc	HE1329-2347	41.3	mpca	HE2221+0040	57.2	mpcc
HE0006-6512	45.6	mpcc	HE0259-1504	45.3	mpcb	HE0556-4814	33.6	mpcc	HE1329-2533	44.2	mpcc	HE2221-0611	40.7	mpcc
HE0007-0644	48.7	mpcc	HE0259-1504	50.5	mpca	HE0556-5127	42.7	mpcc	HE1329-2945	36.4	mpcb	HE2221-1114	44.2	mpcb
HE0007-2305	46.3	mpcc	HE0259-5457	38.6	mpcc	HE0556-5308	41.5	unid	HE1329-2952	43.9	mpcc	HE2221-1815	49.9	mpcc
HE0007-2528	40.4	mpcc	HE0300-0506	50.1	mpcc	HE0557-5108	33.3	mpcc	HE1330+0156	44.5	unid	HE2221-2242	53.8	mpcc
HE0007-2954	39.0	mpcc	HE0300-0729	47.5	mpcc	HE0557-5429	35.0	mpcc	HE1330-2013	42.8	mpcc	HE2221-2308	51.4	mpcc
HE0007-3056	40.7	mpcc	HE0300-0816	56.0	unid	HE0558-5444	35.1	unid	HE1330-2530	47.9	mpcc	HE2221-3920	47.6	mpcc
HE0007-3152	42.8	mpcc	HE0301+0018	57.9	mpcc	HE0559-5652	37.1	mpca	HE1330-2749	32.8	mpcc	HE2221-3936	47.3	mpcc
HE0007-3755	37.1	fhlc	HE0301-0439	52.2	mpcc	HE0601-4808	37.5	mpcc	HE1331+0146	33.1	unid	HE2221-4056	43.2	mpcc
HE0007-4025	42.2	mpcc	HE0301-1920	35.4	mpcc	HE0603-5514	47.5	mpcc	HE1331-0553	45.2	mpcc	HE2221-4103	45.7	mpcc
HE0007-5245	40.3	mpcc	HE0301-2532	39.7	mpcc	HE0604-5252	32.6	mpcc	HE1331-1752	36.0	mpcc	HE2221-5331	35.1	mpcc
HE0007-6341	53.5	mpcc	HE0301-4011	40.6	mpcc	HE0605-4833	35.5	mpcc	HE1331-2120	37.0	mpcc	HE2221-5626	50.4	mpcc
HE0008+0049	32.7	mpcb	HE0301-4011	44.0	mpcc	HE0605-5325	42.4	mpcc	HE1331-2900	35.3	mpcc	HE2221-5815	49.5	mpcc
HE0008-1302	47.6	mpcc	HE0301-4453	32.2	mpcc	HE0605-5422	42.2	mpcb	HE1333-0816	36.9	mpcc	HE2221-6124	48.9	mpcb
HE0008-2328	48.7	mpcc	HE0301-4916	48.7	mpcc	HE0606-5301	35.9	mpcc	HE1333-2351	49.2	mpcb	HE2222+0203	49.3	mpcc
HE0008-3005	39.9	mpcc	HE0302-0341	38.0	mpcc	HE0608-4755	40.2	mpcc	HE1334+0154	46.3	mpcc	HE2222-0047	36.9	mpcc
HE0008-3107	40.8	mpcc	HE0302-0900	48.5	mpcc	HE0608-4957	33.4	mpcc	HE1334-2456	54.4	mpcc	HE2222-1142	35.4	mpcc
HE0008-3252	44.2	fhlc	HE0302-1752	48.1	mpcc	HE0608-5104	31.3	mpcb	HE1334-2854	38.3	mpcc	HE2222-1535	31.9	mpcc
HE0008-3312	41.0	mpcc	HE0302-2207	54.8	mpcc	HE0609-5231	44.4	mpcb	HE1335+0137	45.7	mpcc	HE2222-2247	56.7	mpcc
HE0008-4449	47.8	unid	HE0302-2233	47.0	mpcb	HE0609-5446	41.1	mpcc	HE1335-0033	45.6	mpcc	HE2222-2303	37.3	mpcc
HE0008-5120	31.8	mpcc	HE0302-2724	42.0	mpcc	HE0611-5628	39.6	mpca	HE1335-1215	35.9	mpcc	HE2222-2400	48.5	mpcc
HE0008-5950	35.4	mpcc	HE0302-3021	41.6	mpcc	HE0612-5231	59.8	mpcc	HE1335-2514	56.8	mpcc	HE2222-2504	44.5	mpcc
HE0009+0010	55.8	mpcc	HE0302-3832	58.9	unid	HE0612-5400	31.8	mpcc	HE1336-0031	42.1	mpcc	HE2222-2736	36.2	mpcc
HE0009-0555	38.3	mpcc	HE0302-4446	50.2	mpcc	HE0615-5210	47.6	mpcc	HE1336-0053	33.8	mpcc	HE2222-3303	44.1	mpcc
HE0009-2018	51.7	mpcc	HE0302-5314	57.8	mpcc	HE0615-5602	49.7	mpcc	HE1336-1259	31.8	mpcc	HE2222-3422		

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0010-0747	37.1	mpcc	HE0304-3234	50.0	mpcc	HE0856+0222	36.2	mpcc	HE1339-0018	35.7	mpcc	HE2223-0218	46.5	mpcc
HE0010-1032	40.9	mpcc	HE0304-3427	48.7	mpcc	HE0857+0044	35.1	mpcc	HE1339-0057	46.7	mpcc	HE2223-0743	42.5	unid
HE0010-1521	49.3	mpcc	HE0304-3628	35.9	mpcc	HE0900-0011	60.1	unid	HE1339-0101	36.3	unid	HE2223-1407	32.5	mpcc
HE0010-1745	46.9	mpcc	HE0304-4526	40.5	mpcc	HE0900-0136	40.4	mpcc	HE1339-0101	38.5	unid	HE2223-1639	43.5	mpcc
HE0010-1928	33.4	fhlc	HE0304-5233	34.4	mpcc	HE0901-0003	32.1	mpcc	HE1339-0238	51.1	mpcc	HE2223-1758	32.3	mpcc
HE0010-3035	55.4	mpcc	HE0305-0600	53.4	mpcc	HE0903+0009	39.5	mpcc	HE1339-0517	44.6	mpcc	HE2223-2512	38.5	mpcc
HE0010-3245	41.9	mpcc	HE0305-1520	61.5	mpcc	HE0903+0137	39.4	mpcc	HE1339-1729	32.1	mpcc	HE2223-2657	48.0	mpcc
HE0010-5518	54.2	mpcc	HE0305-3727	44.1	mpcc	HE0904+0018	43.0	mpcc	HE1339-2844	39.9	mpcc	HE2223-2700	41.2	mpcc
HE0011-0437	55.5	mpcc	HE0305-3821	36.6	fhlc	HE0907-0148	45.9	mpcc	HE1340-0017	52.3	mpcc	HE2223-3627	33.9	fhlc
HE0011-2028	43.5	mpcc	HE0305-4334	44.8	mpcc	HE0908+0023	50.2	mpcc	HE1340-0236	33.9	mpcc	HE2223-3815	36.3	mpcc
HE0011-2340	43.4	mpcc	HE0305-4408	39.5	mpcc	HE0908-0144	40.7	mpcc	HE1340-0314	42.4	mpcc	HE2223-4028	47.9	mpcb
HE0011-4105	44.6	mpcc	HE0305-5333	30.4	mpcb	HE0909-0138	32.5	mpcc	HE1341-0109	41.7	mpcc	HE2223-4351	46.7	mpcc
HE0011-4158	43.1	mpcc	HE0305-5722	52.3	mpcc	HE0910+0140	35.7	mpcc	HE1341-1411	44.7	mpcc	HE2223-5042	46.5	mpcc
HE0011-4501	48.8	mpcc	HE0306-0928	45.1	unid	HE0910-0126	30.6	mpcb	HE1341-1411	45.3	mpcc	HE2224-0534	31.3	mpcc
HE0012+0015	35.5	mpcc	HE0306-2631	52.8	mpcc	HE0910-0140	41.7	mpcc	HE1342+0030	43.7	mpcc	HE2224-0757	70.7	unid
HE0012-0218	48.0	mpcc	HE0306-2927	43.6	mpcc	HE0911-0108	42.5	mpcc	HE1342+0108	61.1	mpcc	HE2224-2344	44.2	mpcc
HE0012-0558	53.6	mpcc	HE0307-0106	36.3	mpcc	HE0912+0123	44.9	mpcc	HE1342-1640	49.4	mpcc	HE2224-2424	54.3	mpcc
HE0012-2302	42.3	unid	HE0307-1638	54.8	mpcc	HE0912+0200	45.0	mpcc	HE1342-1817	42.9	mpcb	HE2224-3745	38.2	mpcc
HE0012-4110	43.8	mpcc	HE0307-2002	49.1	mpcc	HE0912+0200	47.6	mpcc	HE1342-2257	43.8	mpcc	HE2224-4246	42.9	mpcc
HE0012-4713	48.0	mpcc	HE0307-2837	45.8	mpcc	HE0913-0228	48.9	mpcc	HE1342-2731	36.4	fhlc	HE2224-4424	44.5	mpcc
HE0013+0114	42.0	mpcc	HE0307-2951	36.0	mpcc	HE0915-0451	42.6	mpcc	HE1343+0137	30.7	mpcc	HE2224-5433	38.9	mpcc
HE0013-0456	36.5	mpcc	HE0307-5125	44.7	mpcc	HE0915-0459	51.5	mpcc	HE1343-0332	50.2	mpcc	HE2224-5703	37.6	unid
HE0013-0830	54.5	mpcb	HE0307-5339	43.5	mpcb	HE0917-0245	51.8	mpcc	HE1343-0626	48.3	mpcc	HE2225-0119	39.3	mpcc
HE0013-1009	43.3	mpcc	HE0307-5454	40.0	mpcc	HE0918-0156	55.5	mpcc	HE1343-2020	32.2	mpcc	HE2225-3539	41.0	fhlc
HE0013-1532	41.2	mpcc	HE0308-1257	59.1	unid	HE0918-0547	39.4	mpcc	HE1344-0103	35.6	mpcc	HE2225-3642	36.5	fhlc
HE0013-1629	51.1	mpcc	HE0308-1846	51.9	mpcc	HE0918-0606	55.7	mpcc	HE1344-0153	43.7	mpcc	HE2225-3932	37.5	mpcc
HE0013-1759	31.5	mpcc	HE0308-2211	35.9	fhlc	HE0918-0658	44.9	mpcc	HE1344-1149	36.6	mpcc	HE2225-4004	41.3	mpcc
HE0013-1828	47.0	mpcc	HE0308-2612	38.4	mpcc	HE0919+0145	35.3	mpcb	HE1344-1957	32.2	mpcc	HE2225-5251	48.8	mpcc
HE0013-1948	37.6	mpcc	HE0308-3343	46.6	mpcc	HE0919-0209	41.2	mpcc	HE1344-1957	37.0	mpcc	HE2225-5557	42.9	mpcc
HE0013-2101	45.9	mpcc	HE0308-3725	33.3	mpcc	HE0920-0101	38.9	mpcc	HE1345-0403	45.7	mpcc	HE2225-5939	37.5	mpcc
HE0013-2117	44.8	mpcc	HE0308-3725	33.4	mpcc	HE0921+0020	44.4	mpcc	HE1345-1042	41.8	mpcc	HE2225-6223	35.3	fhlc
HE0013-4120	50.0	mpcc	HE0308-4144	34.2	mpcc	HE0922-0337	33.3	mpcc	HE1345-1102	37.0	mpcc	HE2225-7034	41.1	mpcc
HE0013-4314	36.1	mpcc	HE0308-5329	51.6	mpcc	HE0923-0135	46.5	mpcc	HE1345-1152	41.0	mpcc	HE2225-7034	41.6	mpcb
HE0013-6413	32.4	mpcb	HE0308-5521	39.7	unid	HE0923-0323	30.2	mpcc	HE1345-2445	40.8	mpcc	HE2226+0132	46.2	mpcc
HE0014+0029	42.3	mpcc	HE0308-5616	40.8	unid	HE0924+0005	46.5	mpcc	HE1345-2657	37.6	mpcc	HE2226-0008	56.0	mpcc
HE0014-2150	47.1	mpcc	HE0308-5744	47.4	unid	HE0926-0623	31.9	mpcc	HE1346-0020	37.7	mpcc	HE2226-1601	45.1	mpcc
HE0014-4012	51.2	mpcc	HE0309-0410	39.5	mpcc	HE0927-0035	37.1	fhlc	HE1346-0139	43.4	mpcc	HE2226-2005	33.5	mpcc
HE0014-6701	45.3	mpcc	HE0309-1132	40.0	mpcc	HE0928+0003	69.2	unid	HE1346-0209	42.7	mpcc	HE2226-2311	31.6	mpcc
HE0015-0013	31.0	mpcc	HE0309-1134	60.4	mpcc	HE0928+0059	32.0	mpcb	HE1346-0230	54.6	mpcc	HE2226-3406	34.4	mpcc
HE0015-0013	35.7	mpcc	HE0309-1143	59.1	mpcc	HE0928-0126	41.8	mpcc	HE1346-1435	49.3	mpcc	HE2226-3512	37.4	unid
HE0015-0238	49.5	mpcc	HE0309-1827	44.6	mpcc	HE0929-0543	49.2	mpcc	HE1346-2704	35.2	mpcc	HE2226-3528	34.2	mpcc
HE0015-0356	41.1	mpcc	HE0309-1857	31.2	mpcc	HE0930+0049	32.8	mpcb	HE1347-2750	54.9	mpcc	HE2226-4954	39.3	mpcc
HE0015-1324	39.1	mpcc	HE0309-3204	37.2	mpcc	HE0930-0119	32.5	mpcc	HE1347-3040	51.4	mpcc	HE2226-5017	45.6	mpcc
HE0015-2352	46.2	mpcc	HE0309-3653	40.7	mpcc	HE0930-0512	43.1	mpcc	HE1348-2523	48.2	mpcc	HE2226-5348	35.5	mpcc
HE0015-2530	51.7	mpcc	HE0309-3819	33.5	mpcc	HE0931-0008	39.9	mpcc	HE1348-2648	49.2	mpcc	HE2226-7617	33.4	mpcb
HE0015-2740	34.0	mpcc	HE0309-4007	48.9	mpcc	HE0931-0008	42.9	mpcc	HE1348-3057	60.2	fhlc	HE2227-0111	43.1	mpcc
HE0015-2946	42.6	mpcc	HE0309-4402	37.5	mpcc	HE0931-0501	40.7	mpcc	HE1349-0012	43.5	mpcc	HE2227-1607	42.3	mpcc
HE0015-3314	35.3	mpcc	HE0309-5518	44.0	mpcc	HE0932+0005	52.8	fhlc	HE1349-0012	47.0	mpcb	HE2227-2314	42.0	mpcc
HE0015-3450	37.1	mpcc	HE0310-1304	48.5	mpcc	HE0932+0123	37.2	mpcb	HE1349-0229	37.5	mpcc	HE2227-2608	40.7	mpcc
HE0015-4141	50.0	mpcc	HE0310-1315	30.4	mpcb	HE0932-0101	33.4	mpcc	HE1349-0531	53.5	mpcc	HE2227-2630	41.4	mpcc
HE0015-4200	49.2	mpcc	HE0310-2457	54.6	mpcc	HE0932-0838	57.0	mpcc	HE1349-1033	49.8	mpcc	HE2227-3743	38.1	mpcc
HE0015-4947	50.9	mpcc	HE0310-2629	41.9	mpcc	HE0932-0851	46.2	mpcc	HE1349-1249	36.9	mpcc	HE2227-3759	33.9	mpcb
HE0015-5138	34.1	mpcc	HE0310-3245	37.8	mpcc	HE0932-1046	59.8	mpcc	HE1349-2503	41.8	unid	HE2227-3815	58.1	mpcc
HE0016-0448	34.6	mpcc	HE0310-3544	38.3	mpcc	HE0933-0733	41.5	mpcb	HE1350-0743	37.2	mpcc	HE2227-3843	34.8	mpcb
HE0016-0616	53.6	fhlc	HE0310-3959	46.5	mpcc	HE0933-1129	41.3	mpcc	HE1350-1143	58.8	mpcc	HE2227-4100	31.3	mpcc
HE0016-1419	54.1	mpcc	HE0310-4506	34.5	mpcc	HE0934+0104	44.9	mpcc	HE1350-1238	40.9	mpcc	HE2227-4333	51.9	fhlc
HE0016-4903	31.8	mpcc	HE0310-4552	45.7	mpcc	HE0934-0135	44.7	mpcb	HE1350-1627	71.3	mpcc	HE2227-4458	49.8	mpcc
HE0016-4915	44.0	mpcc	HE0311-2008	35.7	mpcc	HE0934-1058	44.8	fhlc	HE1350-2329	38.4	mpcc	HE2227-5601	39.2	mpcc
HE0016-5040	61.2	mpcc	HE0311-3052	34.0	mpcb	HE0934-1058	44.8	fhlc	HE1350-2346	33.6	mpcc	HE2227-6019	52.1	mpcc
HE0016-5207	37.0	mpcc	HE0311-3121	48.8	mpcc	HE0934-1128	31.8	mpcc	HE1350-2422	43.5	fhlc	HE2227-6114	38.8	mpcc
HE0016-5217	40.5	mpcc	HE0311-3730	41.2	mpcb	HE0934-1350	40.0	mpcc	HE1350-2438	49.4	mpcc	HE2228-0855	48.4	mpcc
HE0016-5547	40.4	mpcc	HE0311-5737	49.2	mpcc	HE0935+0109	44.5	mpcc	HE1350-2734	36.2	fhlc	HE2228-0901	56.6	mpcc
HE0016-5952	43.4	mpcb	HE0312-0951	45.6	mpcc	HE0935-0449	36.8	mpcc	HE1351-0421	45.6	mpcc	HE2228-1243	36.9	mpcc
HE0016-6346	39.1	mpcb	HE0312-3722	32.7	mpcc	HE0935-1257	42.0	mpcc	HE1351-1912	46.4	unid	HE2228-2323	62.1	mpcc
HE0016-6444	39.0	mpcc	HE0312-4201	42.7	mpcb	HE0935-1552	34.6	mpcc	HE1351-1913	50.6	mpcc	HE2228-3633	41.6	mpcc
HE0017-2841	39.0	mpcc	HE0312-5621	55.9	mpcc	HE0936-0301	37.4	mpcc	HE1351-2452	41.6	mpcc	HE2228-3647	39.7	mpcc
HE0017-2950	41.1	mpcc	HE0312-5924	40.8	mpcc	HE0936-0655	38.0	mpcc	HE1351-2452	41.7	mpca	HE2228-4942	55.2	mpcc
HE0017-4113	42.7	mpcc	HE0313-2150	42.8	mpcc	HE0936-0708	34.0	mpcc	HE1352-0943	35.7	mpca	HE2228-6214	47.5	mpcc
HE0017-5203	34.4	mpcb	HE0313-2220	40.8	mpcc	HE0936-0708	34.5	mpcc	HE1352-1047	37.5	mpcc	HE2229-1619	41.5	mpcc
HE0017-5744	52.2	mpcc	HE0313-3421	42.4	mpcc	HE0936-1422	42.7	mpcc	HE1352-1051	40.8	mpcc	HE2229-1619	41.7	fhlc
HE0017-6128	33.9	mpcc	HE0313-3538	31.5	mpcc	HE0937-0010	59.3	mpcc	HE1352-1344	30.7	mpcb	HE2229-1619	48.9	mpcc
HE0017-6230	43.0	mpcb	HE0313-3558	39.7	mpcc	HE0937-1457	36.0	mpcc	HE1352-1849	48.6	mpcc	HE2229-1619	49.3	fhlc
HE0018-0615	48.7	mpcc	HE0314-0914	41.5	mpcc	HE0938+0144	32.5	fhlc	HE1352-2137	39.9	mpcc	HE2229-2251	56.1	unid
HE0018-1534	47.0	fhlc	HE0314-1451	57.4	mpcc	HE0938+0211	42.7	mpcc	HE1352-3158	43.9	mpcc	HE2229-2401	35.4	mpcc
HE0018-2541	42.7	unid	HE0314-2541	35.1	mpcc	HE0938-0216	53.7	mpcc	HE1353+0014	42.1	mpcc	HE2229-3324	44.7	mpcb
HE0018-6656	41.1	mpcc	HE0314-4448	60.8	mpcc	HE0939-0731	50.6	mpcc	HE1353-2007	45.9	mpcc	HE2229-3		

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0020-1316	39.4	mpcc	HE0315-5028	51.2	mpcc	HE0940-1418	54.2	mpcc	HE1354+0022	40.8	mpcc	HE2230-0351	42.9	mpcc
HE0020-1838	37.8	mpcc	HE0316-1509	44.6	mpcc	HE0940-1418	56.9	mpcc	HE1354-0841	38.7	mpcc	HE2230-0406	43.9	mpcc
HE0020-2549	43.9	fhlc	HE0316-2132	32.6	mpcc	HE0940-1655	35.7	mpcc	HE1354-2222	37.4	mpcc	HE2230-0458	84.0	mpcb
HE0020-3435	49.0	mpcc	HE0316-2135	46.3	mpcc	HE0942-0208	36.2	mpcc	HE1354-2427	42.9	mpcc	HE2230-0635	36.5	mpcb
HE0020-3813	50.2	mpcc	HE0316-2903	35.9	mpcc	HE0942-0345	58.0	mpcc	HE1354-2759	34.8	mpcc	HE2230-0639	66.3	mpcc
HE0020-6033	38.7	mpcc	HE0316-2903	37.8	mpcc	HE0942-1448	42.0	mpcc	HE1354-2817	33.9	mpcc	HE2230-0706	44.2	mpcc
HE0020-6125	44.9	mpcc	HE0316-3416	37.8	mpcc	HE0943-0227	43.1	fhlc	HE1354-3136	32.9	mpcc	HE2230-1950	48.0	mpcc
HE0020-6153	39.8	mpcc	HE0316-4534	38.4	mpcc	HE0943-0734	48.2	mpcc	HE1355-0740	36.9	mpcc	HE2230-3429	33.7	mpcc
HE0020-6444	52.1	mpcc	HE0316-4713	36.3	mpcc	HE0943-0755	43.7	mpcc	HE1355-1229	45.7	mpcc	HE2230-3700	34.4	mpcc
HE0021-0545	46.2	mpcb	HE0316-4836	40.0	fhlc	HE0944-0109	35.9	mpcc	HE1355-2455	46.8	mpcc	HE2230-5225	40.0	mpcc
HE0021-1627	39.0	mpcc	HE0316-4959	52.8	mpcc	HE0944-1115	35.8	mpcc	HE1355-2502	33.7	mpcc	HE2230-5620	39.1	mpcc
HE0021-2223	52.4	mpcb	HE0316-5336	40.9	mpcc	HE0945-0527	37.2	mpcc	HE1355-2839	48.3	fhlc	HE2230-6014	43.3	mpcc
HE0021-2239	40.3	mpcc	HE0316-6212	72.8	unid	HE0945-1619	39.0	mpcb	HE1356-0539	41.9	mpcb	HE2230-7341	38.5	mpcb
HE0021-2543	38.5	fhlc	HE0317+0105	48.3	unid	HE0946-0037	52.6	mpcc	HE1356-1836	57.8	mpcb	HE2231+0108	37.0	mpcc
HE0021-3703	43.4	mpcc	HE0317-2317	45.1	mpcc	HE0946-0809	41.5	mpcc	HE1356-2121	49.8	mpcc	HE2231-0241	48.4	mpcc
HE0021-4255	40.2	mpcc	HE0317-2712	34.3	mpcc	HE0947-0455	33.6	mpcc	HE1356-2304	34.0	mpcc	HE2231-0257	37.7	mpcc
HE0021-5142	52.7	mpcc	HE0317-3634	48.7	unid	HE0947-1457	53.2	unid	HE1356-2617	54.3	mpcc	HE2231-0300	68.9	mpcc
HE0021-6408	40.1	mpcc	HE0317-4726	45.7	mpcc	HE0947-1620	48.1	mpcc	HE1357-1751	43.6	mpcc	HE2231-0308	36.5	mpcb
HE0021-6420	40.0	mpcc	HE0317-5031	40.8	mpcc	HE0948+0107	32.1	mpcb	HE1357-1943	37.4	mpcc	HE2231-0324	86.9	mpcc
HE0021-6616	51.2	mpcc	HE0317-5450	37.5	mpcc	HE0948-0234	34.0	mpcb	HE1357-2235	42.9	mpcc	HE2231-0414	54.1	mpcc
HE0022+0051	42.0	mpcc	HE0317-5450	38.0	mpcc	HE0949+0157	42.5	mpcc	HE1357-2525	53.7	unid	HE2231-0420	38.5	mpcc
HE0022-2541	38.0	unid	HE0318+0112	49.7	mpcc	HE0949-0551	37.9	mpcb	HE1357-3125	38.0	mpcc	HE2231-0424	48.8	mpcb
HE0022-2541	41.4	mpcb	HE0318-0141	48.8	mpcc	HE0949-1336	38.9	mpcc	HE1358-0011	36.7	mpcc	HE2231-0424	49.2	mpcc
HE0022-3050	52.4	mpcc	HE0318-1926	40.9	mpcc	HE0949-1414	46.8	mpcc	HE1358-0107	34.5	mpcc	HE2231-0503	65.2	unid
HE0022-3050	53.3	mpcc	HE0318-3541	39.8	mpcc	HE0949-1436	50.2	mpcc	HE1358-0832	38.0	mpcc	HE2231-0512	56.2	mpcb
HE0022-3152	53.6	mpcc	HE0318-4942	38.4	mpcc	HE0949-1449	53.4	mpcc	HE1358-1327	44.7	mpcc	HE2231-0545	44.4	mpcc
HE0022-3152	60.0	mpcc	HE0318-4942	41.2	mpcc	HE0949-1548	41.1	mpcc	HE1358-1443	37.5	mpcc	HE2231-0555	33.9	mpcc
HE0022-3306	41.1	mpcc	HE0318-5123	33.9	mpcc	HE0949-1648	42.5	mpcc	HE1358-1956	48.9	mpcc	HE2231-0636	75.5	mpcb
HE0022-4057	40.0	mpcc	HE0318-5231	32.8	mpcc	HE0950-0330	61.1	mpcc	HE1358-2617	63.3	mpcc	HE2231-0641	57.6	mpcb
HE0022-4505	43.4	mpcc	HE0318-5231	36.1	mpcc	HE0950-0401	36.2	mpcb	HE1358-2632	46.3	mpcc	HE2231-0708	62.0	mpcc
HE0022-6511	38.0	mpcc	HE0319+0142	44.8	mpcc	HE0950-1137	36.0	mpcc	HE1359-0050	54.3	mpca	HE2231-0710	58.6	mpcb
HE0023-0951	44.4	mpcc	HE0319-1350	43.4	mpcc	HE0950-1248	33.7	mpcc	HE1359-1648	38.9	mpcc	HE2231-1331	49.2	mpcc
HE0023-1601	53.2	mpcc	HE0319-6019	47.8	mpcc	HE0950-1359	41.8	mpcc	HE1359-1717	51.0	mpcc	HE2231-1530	44.6	mpcc
HE0023-1733	51.6	mpcc	HE0320-0006	51.2	mpcc	HE0950-1413	47.9	mpcc	HE1359-2455	62.2	mpcc	HE2231-2206	41.0	mpcc
HE0023-2445	41.1	mpcc	HE0320-0322	39.1	mpcc	HE0951+0114	61.4	mpcb	HE1359-2522	36.1	mpcc	HE2231-2317	35.2	mpcc
HE0023-3009	35.6	mpcc	HE0320-1242	38.0	mpcb	HE0951-0436	43.9	mpcc	HE1400-0519	46.7	mpcc	HE2231-2501	40.9	mpcc
HE0023-3009	39.9	mpcc	HE0320-1310	42.2	mpcc	HE0952-1508	39.7	mpcc	HE1400-1433	44.8	mpcc	HE2231-2602	46.0	mpcc
HE0023-3314	31.4	unid	HE0320-2045	46.3	mpcc	HE0953-0155	44.9	mpcc	HE1400-2449	36.0	mpcc	HE2231-2832	47.2	mpcc
HE0023-3351	54.2	mpcc	HE0320-2254	38.0	mpcc	HE0953-1142	36.4	mpcc	HE1400-2449	37.1	mpcc	HE2231-3409	44.7	mpcc
HE0023-3549	48.3	mpcc	HE0320-2301	54.3	mpcc	HE0953-1355	37.1	mpcc	HE1400-2615	35.5	mpcc	HE2231-5158	45.2	mpcc
HE0023-3858	51.0	mpcc	HE0320-3002	54.3	mpcc	HE0953-1611	47.7	mpcc	HE1400-2707	51.6	mpcc	HE2232-0005	46.1	mpcc
HE0023-4624	52.0	mpcc	HE0320-5211	50.6	mpcc	HE0954+0219	51.9	fhlc	HE1401-0609	41.1	mpcc	HE2232-0240	70.7	mpcc
HE0023-5442	42.7	mpcc	HE0320-5949	45.6	mpcc	HE0954-0744	33.3	mpcb	HE1401-1236	46.9	mpcc	HE2232-0307	33.7	mpcc
HE0023-5511	48.7	mpcb	HE0321-0948	57.8	mpcc	HE0954-1242	44.3	mpcc	HE1401-1751	35.9	mpcc	HE2232-0310	41.5	mpcc
HE0023-5704	43.0	mpcc	HE0321-1242	32.2	mpcc	HE0954-1541	35.1	mpcc	HE1401-2404	44.0	mpcc	HE2232-0321	67.9	mpcc
HE0023-5959	36.2	mpcc	HE0321-1403	42.2	mpcc	HE0955-1216	42.0	mpcc	HE1401-2442	48.9	mpcc	HE2232-0328	74.6	mpcc
HE0023-6512	45.3	mpcc	HE0321-2411	36.5	mpcc	HE0955-1218	49.8	mpcc	HE1402+0025	43.9	fhlc	HE2232-0329	69.3	mpcc
HE0024-0550	30.4	mpcc	HE0321-2709	62.3	mpcc	HE0955-1607	53.2	mpcc	HE1402-0634	31.9	mpcb	HE2232-0410	52.0	mpcb
HE0024-1041	52.9	unid	HE0321-5037	34.9	mpcc	HE0957+0141	49.6	unid	HE1402-0950	39.3	mpcc	HE2232-0428	53.3	mpcb
HE0024-1607	33.4	mpcc	HE0321-6150	42.3	mpcc	HE0957-0313	43.3	mpcc	HE1402-1103	45.0	mpcc	HE2232-0431	78.8	mpcc
HE0024-2142	42.7	mpcc	HE0322-2429	42.2	unid	HE0957-0453	32.5	mpcc	HE1402-2658	41.1	mpcc	HE2232-0446	47.9	mpcb
HE0024-2354	35.2	mpcc	HE0322-3324	47.3	mpcc	HE0957-0649	34.3	mpcc	HE1403-0110	41.2	mpcc	HE2232-0520	32.4	mpcc
HE0024-2559	39.6	fhlc	HE0322-3720	39.9	mpcb	HE0958-0629	54.5	mpcc	HE1403-1827	39.6	mpcc	HE2232-0620	42.9	mpcb
HE0024-2600	40.9	mpcc	HE0322-3720	40.3	mpca	HE0958-2224	44.1	mpcc	HE1404-1431	38.4	mpcc	HE2232-0632	67.7	mpcb
HE0024-3424	34.5	mpcc	HE0322-3829	44.4	mpcc	HE0959-1003	62.5	mpcc	HE1404-2100	48.9	mpcc	HE2232-0648	47.5	mpcc
HE0024-3424	40.3	mpcc	HE0322-4959	38.4	mpcb	HE0959-1905	41.6	mpcc	HE1404-2402	56.2	mpcc	HE2232-0650	37.2	mpcc
HE0024-3452	55.1	mpcc	HE0322-5537	37.8	mpcc	HE0959-2121	34.1	mpcc	HE1404-2439	40.0	mpcc	HE2232-0651	53.3	mpcc
HE0024-3751	48.9	mpcc	HE0322-5758	57.3	mpcc	HE1000+0049	51.0	mpcc	HE1405+0112	39.2	mpcc	HE2232-0705	62.5	mpcb
HE0024-5043	51.6	mpcc	HE0323-0436	44.0	mpcc	HE1000+0056	43.1	mpcc	HE1405-0918	38.6	mpcc	HE2232-1012	40.2	mpcb
HE0024-6703	43.7	mpcc	HE0323-2230	59.2	unid	HE1000-0358	45.3	mpcc	HE1405-2253	32.5	mpcc	HE2232-1220	41.0	mpcc
HE0025+0155	53.3	mpcc	HE0323-2858	42.3	mpcc	HE1000-0503	36.1	mpcc	HE1406-0139	36.8	mpcc	HE2232-3922	37.5	mpcc
HE0025-0144	44.5	mpcc	HE0323-3918	30.8	mpcc	HE1000-0823	36.4	mpcc	HE1406-0956	43.3	mpcc	HE2232-4515	49.0	mpcc
HE0025-2924	31.8	mpcc	HE0323-4535	58.9	mpcc	HE1000-0908	48.8	mpcc	HE1406-1135	42.6	mpcc	HE2232-4603	39.5	mpcc
HE0025-3105	42.3	mpcc	HE0324+0013	56.3	mpcc	HE1000-1201	40.8	fhlc	HE1406-2513	50.3	mpcc	HE2232-6641	43.7	mpcc
HE0025-3336	51.4	mpcc	HE0324+0158	32.5	mpcc	HE1000-1201	41.5	fhlc	HE1406-2600	39.3	mpcc	HE2233-0035	70.6	unid
HE0025-5149	42.7	mpcc	HE0324-3008	43.4	mpcc	HE1000-1423	33.9	mpcc	HE1408-0013	64.8	mpcc	HE2233-0232	65.6	mpcc
HE0025-5556	41.8	mpcc	HE0324-4638	38.3	mpcc	HE1001+0053	46.8	unid	HE1408-0444	31.1	mpcb	HE2233-0236	65.2	mpcc
HE0025-5759	42.1	mpcc	HE0324-5902	43.4	mpcc	HE1001-1621	34.4	mpcc	HE1409-0204	34.6	mpcb	HE2233-0240	61.3	mpcc
HE0026+0126	55.2	mpcc	HE0324-6122	45.3	mpcc	HE1001-2143	39.4	mpcc	HE1409-1134	36.4	mpcb	HE2233-0245	47.5	mpcb
HE0026-1815	55.0	mpcc	HE0325-2010	39.3	mpcc	HE1002-0305	62.5	mpcc	HE1409-1426	39.0	mpcc	HE2233-0251	30.4	mpcc
HE0026-2103	34.4	mpcc	HE0325-2244	39.2	mpcb	HE1002-0820	37.7	mpcc	HE1409-1701	33.2	mpcc	HE2233-0324	76.8	mpcc
HE0026-3216	42.1	mpcc	HE0325-2332	35.6	mpcc	HE1002-1228	44.1	mpcc	HE1410-0549	31.0	mpcb	HE2233-0329	71.0	mpcc
HE0026-3452	36.5	mpcc	HE0325-5501	38.5	mpcc	HE1002-1405	38.8	mpcc	HE1410-1543	46.3	mpcc	HE2233-0334	75.6	mpcc
HE0026-3846	38.0	mpcc	HE0326+0021	53.2	mpcc	HE1002-1816	42.4	mpcc	HE1411-0107	37.2	mpcb	HE2233-0342	41.9	mpcc
HE0026-4110	39.9	mpcc	HE0327-1630	50.4	mpcc	HE1002-2109	45.4	mpcc	HE1411-0403	52.0	mpcc	HE2233-0401	65.4	mpcb
HE0026-4957	33.1	mpcc	HE0327-2126	37.8	mpcc	HE1003+0008	50.0	mpcc	HE1411-0716	49.7	mpcc	HE2233-0410	58.8	

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0028-4026	38.3	mpcc	HE0328-1204	48.1	fhlc	HE1005+0010	35.2	mpcc	HE1413-1958	37.8	mpcc	HE2233-3305	39.1	mpcc
HE0028-5427	50.4	mpcc	HE0328-3820	45.4	mpcc	HE1005-0050	34.7	mpcc	HE1413-2014	63.4	mpcc	HE2233-4505	42.4	mpcc
HE0028-6138	40.5	mpcc	HE0328-4205	42.4	mpcc	HE1005-1407	35.3	mpcc	HE1414-0344	40.0	mpcc	HE2233-4658	32.6	mpcc
HE0029-0006	57.4	mpcc	HE0328-5106	34.2	mpcc	HE1006-0146	43.4	mpcc	HE1414-0522	44.9	mpcc	HE2233-5306	37.1	mpcc
HE0029-2021	37.0	mpcc	HE0328-5138	51.5	mpcb	HE1006-0415	54.6	mpcc	HE1414-1644	32.8	mpcc	HE2233-5427	34.1	mpcc
HE0029-2030	41.4	mpcc	HE0328-5138	53.4	mpcc	HE1006-1832	42.3	mpcc	HE1415-0029	40.8	mpcc	HE2233-7408	59.3	mpcc
HE0029-2812	54.2	mpcc	HE0329-0445	48.2	mpcc	HE1006-1857	41.0	unid	HE1415-0029	46.7	mpcb	HE2234-0218	43.5	mpcc
HE0029-3904	36.2	mpcc	HE0329-1429	53.0	mpcc	HE1007-1006	57.1	mpcc	HE1415-1245	49.8	mpcc	HE2234-0218	46.5	mpcb
HE0029-4740	42.9	mpcc	HE0329-4247	30.4	mpcc	HE1007-1524	32.3	mpcc	HE1415-1250	43.7	mpcc	HE2234-0223	71.6	mpcc
HE0029-4821	38.6	mpcc	HE0329-4458	36.3	unid	HE1007-1640	51.5	mpcc	HE1415-1841	45.9	unid	HE2234-0246	87.3	mpcc
HE0029-5337	57.5	mpcc	HE0329-5051	51.7	mpcc	HE1007-2212	46.5	mpcc	HE1416-1119	53.0	mpcc	HE2234-0440	57.3	mpcc
HE0030-1448	33.4	mpcc	HE0330-2312	40.7	mpcc	HE1008-0602	33.5	mpcc	HE1416-2021	62.4	mpcc	HE2234-0446	46.5	mpcb
HE0030-3213	48.4	mpcc	HE0330-2619	35.2	mpcc	HE1008-1512	33.7	mpcc	HE1417+0021	50.0	mpcc	HE2234-0448	54.2	mpcb
HE0030-3320	40.2	mpcc	HE0330-3929	52.1	mpcc	HE1008-1653	36.1	mpcc	HE1417-0019	40.4	mpcc	HE2234-0449	31.6	mpcb
HE0030-3513	38.5	mpcc	HE0330-3957	42.1	mpcc	HE1008-1801	45.6	mpcc	HE1417-1822	45.1	mpcc	HE2234-0449	67.3	mpcb
HE0030-3856	42.8	mpcb	HE0330-4949	38.2	mpcc	HE1008-2011	48.7	mpcc	HE1417-1942	50.7	mpcc	HE2234-0501	93.8	mpcb
HE0030-5217	36.2	mpcc	HE0330-5351	31.1	mpcc	HE1008-2209	32.2	mpcc	HE1417-2022	31.5	mpcc	HE2234-0533	58.4	mpcc
HE0030-5218	50.5	mpcc	HE0331-1351	58.7	unid	HE1009-0024	59.0	mpcc	HE1418-0109	48.3	fhlc	HE2234-0544	30.5	mpcb
HE0031-0707	33.9	mpcc	HE0331-3748	51.7	mpcb	HE1009-0024	60.5	mpcc	HE1418-0701	42.5	fhlc	HE2234-0607	47.9	mpcc
HE0031-1843	41.1	mpcc	HE0331-4404	38.7	fhlc	HE1009-0322	38.0	mpcc	HE1418-1634	30.5	mpcc	HE2234-0615	62.8	mpcc
HE0031-3328	37.4	mpcc	HE0331-4902	36.4	mpcc	HE1009-1342	62.7	unid	HE1418-1757	39.5	mpcc	HE2234-0631	68.5	mpcb
HE0031-3617	47.1	unid	HE0332-1234	40.4	fhlc	HE1009-1608	44.5	mpcc	HE1418-2024	49.6	mpcc	HE2234-0654	31.0	mpcb
HE0031-0150	47.1	mpcc	HE0332-1805	46.4	mpcc	HE1009-1613	38.9	mpcc	HE1419-0830	38.9	mpcc	HE2234-0657	42.6	mpcc
HE0032-0816	41.9	mpcc	HE0332-2428	52.3	mpcc	HE1009-1613	39.5	mpcc	HE1419-1838	35.3	mpcc	HE2234-0702	65.6	mpcc
HE0032-1154	43.6	mpcc	HE0332-3524	48.3	mpcc	HE1009-1621	56.7	mpcc	HE1420-0410	42.6	mpcc	HE2234-1134	31.7	mpcc
HE0032-3545	50.2	mpcc	HE0332-4107	40.1	mpcc	HE1009-1646	39.2	mpcc	HE1420-0459	39.3	mpcc	HE2234-1549	36.6	mpcc
HE0032-4445	35.3	fhlc	HE0332-4815	39.8	mpcc	HE1009-1653	31.7	mpcc	HE1420-0604	48.3	mpcc	HE2234-2104	37.7	fhlc
HE0032-4604	52.8	mpcc	HE0332-5322	36.0	mpcb	HE1009-1747	43.3	mpcc	HE1420-1138	56.7	mpcc	HE2234-3123	39.6	mpcc
HE0032-6335	47.1	mpcc	HE0332-5346	38.5	mpcc	HE1009-1945	57.7	mpcc	HE1420-1413	46.6	mpcc	HE2234-3855	36.4	mpcc
HE0033-1422	43.2	mpcc	HE0333-0143	44.7	mpcc	HE1009-2005	36.2	mpcc	HE1421-0009	32.3	mpcc	HE2234-4101	47.0	mpcc
HE0033-1528	41.1	mpcc	HE0333-0335	46.1	mpcc	HE1009-2005	36.2	mpcc	HE1421-0719	57.0	mpcc	HE2234-4102	43.1	mpcc
HE0033-2517	34.3	mpcc	HE0333-1703	57.6	mpcc	HE1010+0015	42.0	mpcb	HE1421-0740	43.8	mpcc	HE2234-5352	43.4	mpcc
HE0033-2600	63.5	mpcc	HE0333-2036	34.9	mpcc	HE1010-0002	52.7	mpcc	HE1421-1758	43.3	fhlc	HE2234-6229	41.5	mpcc
HE0033-5414	51.3	mpcb	HE0333-2442	41.9	mpcc	HE1010-0030	38.7	mpcc	HE1421-1758	47.4	fhlc	HE2235+0128	54.7	mpcc
HE0033-5431	39.3	mpcc	HE0333-4948	41.3	mpcc	HE1010-1445	30.6	mpcc	HE1421-2211	41.0	fhlc	HE2235-0232	51.0	mpcb
HE0033-5431	42.8	mpcc	HE0333-5228	44.9	mpcc	HE1010-1755	34.8	mpcc	HE1422+0128	48.5	mpcc	HE2235-0442	36.1	mpcc
HE0034-0011	31.0	mpcc	HE0333-5514	32.1	mpcc	HE1011-0121	50.4	mpcc	HE1422-0516	42.9	mpcc	HE2235-0445	71.5	mpcc
HE0034-0840	40.2	mpcc	HE0333-5642	50.1	mpcc	HE1011-0215	41.0	unid	HE1422-2217	46.5	mpcc	HE2235-0511	54.2	mpcc
HE0034-1331	33.9	mpcc	HE0334+0207	44.7	mpcc	HE1011-0321	46.3	mpcc	HE1423+0148	50.4	mpcc	HE2235-0520	53.9	mpcb
HE0034-4639	36.3	mpcc	HE0334-0021	59.3	mpcc	HE1012-1408	38.5	mpcc	HE1423-1553	35.0	mpcc	HE2235-0526	37.7	mpcb
HE0034-5531	58.1	mpcc	HE0334-3759	48.1	mpcc	HE1012-1645	53.4	unid	HE1424-0236	41.2	mpcc	HE2235-0526	42.1	mpcc
HE0035-1250	45.1	mpcc	HE0334-4444	62.3	mpcc	HE1013-0335	55.2	unid	HE1424-0455	48.6	mpcc	HE2235-0622	81.6	mpcc
HE0035-1501	34.3	mpcc	HE0334-4452	42.6	unid	HE1013-1200	37.7	mpcc	HE1425-0937	40.1	mpcc	HE2235-0627	60.5	mpcb
HE0035-2925	38.8	mpcb	HE0334-6052	45.5	mpcc	HE1014-0009	47.9	mpcc	HE1426-0912	47.2	mpcc	HE2235-1741	47.7	mpcc
HE0035-3642	41.4	mpcc	HE0334-6125	38.8	mpcc	HE1014-0027	52.2	mpcc	HE1426-2105	36.3	mpcc	HE2235-1858	53.7	mpcc
HE0035-3741	36.1	mpcc	HE0335-0610	33.9	mpcc	HE1014-0315	36.2	mpcc	HE1428-0030	47.3	unid	HE2235-2940	45.1	mpcc
HE0035-4812	48.6	mpcc	HE0335-0735	47.3	mpcc	HE1014-0722	37.4	mpcb	HE1428-0851	30.5	mpcc	HE2235-3402	36.4	mpcc
HE0035-4952	34.5	mpcc	HE0335-0951	53.0	mpcc	HE1014-0825	35.4	mpcc	HE1429-2141	39.8	fhlc	HE2235-5313	57.9	unid
HE0035-5346	39.5	mpcb	HE0335-0958	44.0	mpcc	HE1014-2124	40.8	mpcc	HE1430+0112	38.0	mpcc	HE2235-5521	36.3	mpca
HE0035-5803	31.3	mpcc	HE0335-2117	37.3	mpcc	HE1015-1415	55.4	mpcc	HE1430-0912	34.7	mpcc	HE2236-0225	47.6	mpcb
HE0035-6322	54.5	fhlc	HE0335-3523	54.6	mpcc	HE1015-2206	34.1	mpcc	HE1430-1014	46.8	mpcc	HE2236-0228	44.3	mpcb
HE0036-0824	44.8	mpcc	HE0335-4448	37.8	mpcc	HE1016-0127	45.2	unid	HE1430-1518	45.9	unid	HE2236-0230	41.6	mpcb
HE0036-2742	41.5	mpcc	HE0335-5051	32.7	mpcc	HE1016-0843	35.0	mpcc	HE1430-1858	43.8	mpcc	HE2236-0242	49.5	mpcc
HE0036-3147	36.9	mpcc	HE0336-0628	62.4	mpcc	HE1016-1525	43.7	mpcc	HE1430-1900	45.9	mpcc	HE2236-0255	55.2	mpcc
HE0036-3555	40.5	mpcc	HE0336-0957	44.0	mpcc	HE1016-1610	42.1	mpcc	HE1430-2217	38.0	mpcc	HE2236-0301	72.1	mpcc
HE0036-4004	53.8	mpcc	HE0336-0957	46.9	mpcc	HE1017+0026	38.2	mpcc	HE1431-1038	32.9	mpcb	HE2236-0417	47.8	mpcc
HE0037-0312	46.9	mpcc	HE0336-1907	49.4	mpcc	HE1017-1114	50.1	mpcc	HE1431-1546	36.6	mpcc	HE2236-0426	65.7	unid
HE0037-0909	54.1	mpcc	HE0336-2004	44.9	mpcc	HE1017-1400	40.2	mpcc	HE1431-1550	45.1	mpcc	HE2236-0440	54.1	mpcc
HE0037-2154	44.7	mpcc	HE0336-3351	44.3	mpcc	HE1018-0050	42.2	mpcc	HE1432+0023	41.2	unid	HE2236-0440	54.9	mpcc
HE0037-2321	39.5	mpcc	HE0336-3428	34.9	mpcc	HE1018-0324	44.5	mpcc	HE1432-0107	39.0	mpcc	HE2236-0441	30.6	mpcc
HE0037-4458	43.7	mpcc	HE0336-3800	41.6	mpca	HE1018-0946	39.4	mpcc	HE1432-0536	32.9	mpcc	HE2236-0441	30.7	mpcb
HE0037-6123	34.9	mpcc	HE0336-3948	30.7	mpcc	HE1019-0345	31.2	mpcc	HE1432-1343	32.5	mpcc	HE2236-0505	55.9	mpcc
HE0037-6123	41.5	mpcc	HE0336-4037	37.8	mpcc	HE1019-0757	47.5	mpcc	HE1433-0648	36.6	mpcc	HE2236-0505	77.0	mpcc
HE0037-6650	45.3	mpcc	HE0336-4546	45.5	mpcc	HE1019-0937	36.8	mpcc	HE1433-0743	41.9	mpcb	HE2236-0517	54.5	mpcc
HE0038+0030	46.2	mpcc	HE0336-4548	34.5	mpcc	HE1019-1646	31.5	mpcc	HE1433-0830	46.8	mpcc	HE2236-0523	60.3	mpcb
HE0038-3312	37.2	mpcc	HE0336-5106	34.8	mpcc	HE1019-1821	51.8	mpcc	HE1433-1517	37.8	mpcc	HE2236-0528	52.0	mpcc
HE0038-3406	34.6	unid	HE0336-5847	46.1	mpcc	HE1020+0112	37.3	mpcc	HE1434+0039	48.7	fhlc	HE2236-0533	45.8	mpcc
HE0038-3656	37.4	mpcc	HE0337-1756	49.8	mpcc	HE1020-1801	37.8	mpcb	HE1434-0207	37.5	mpcb	HE2236-0536	49.5	mpcb
HE0038-4808	38.7	mpcc	HE0337-3056	50.6	mpcc	HE1020-2140	33.5	mpcc	HE1434-0919	53.8	mpcc	HE2236-0545	76.1	mpcb
HE0038-5404	51.0	mpcc	HE0337-3300	40.3	mpcc	HE1021+0209	53.6	mpcc	HE1435-0045	54.8	mpcc	HE2236-0601	58.4	mpcc
HE0039-0001	55.0	mpcc	HE0337-3320	31.6	mpcc	HE1021-0531	51.9	mpcc	HE1435-0711	37.4	mpcc	HE2236-0628	75.4	mpcc
HE0039-1500	56.6	mpcc	HE0337-4045	42.7	mpcc	HE1022-0730	30.2	mpcb	HE1435-2110	46.5	mpcc	HE2236-0637	39.0	mpcb
HE0039-1557	54.7	mpcc	HE0337-4649	42.6	mpcc	HE1022-1048	40.3	mpcc	HE1436+0220	42.5	mpcc	HE2236-0650	38.8	mpcb
HE0039-3532	44.7	unid	HE0337-5321	44.9	mpcc	HE1022-1055	33.8	mpcc	HE1436-1831	39.5	mpcc	HE2236-1041	36.1	mpcb
HE0039-3944	34.4	mpcc	HE0337-5942	42.5	mpcc	HE1023-0050	39.5	mpcc	HE1436-2031	46.2	mpcc	HE2236-3444	42.6	mpcc
HE0039-6108	36.6	mpcc	HE0338-0938	47.4	mpcc	HE1023-0920	31.6	mpcc	HE1436-2139	40.2	mpcc	HE2236-3		

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0040-4725	51.0	mpcc	HE0340-0804	56.4	mpcc	HE1026-0339	59.5	mpcc	HE1440-0213	60.5	unid	HE2237-0337	49.4	mpcc
HE0041-0749	39.1	mpcc	HE0340-0829	55.1	unid	HE1026-0632	35.7	mpcc	HE1440-0556	49.3	mpcb	HE2237-0405	57.5	mpcc
HE0041-0933	44.5	mpcc	HE0340-0829	56.6	unid	HE1026-0745	57.1	mpcc	HE1440-0556	50.5	mpcb	HE2237-0444	53.9	mpcc
HE0041-1301	36.5	mpcc	HE0340-1928	33.0	mpcc	HE1026-0944	47.1	mpcc	HE1440-1441	49.4	mpcc	HE2237-0501	63.1	mpcc
HE0041-1459	43.2	mpcc	HE0340-3013	35.8	mpcc	HE1026-1451	40.2	mpcb	HE1440-1719	45.1	mpcc	HE2237-0513	60.0	mpcc
HE0041-1546	47.7	mpcc	HE0340-3420	53.3	mpcb	HE1027-1217	35.2	mpcb	HE1440-1937	34.5	mpca	HE2237-0517	31.7	mpcc
HE0041-2230	38.6	mpcc	HE0340-3933	33.0	mpcc	HE1027-2404	35.1	mpcc	HE1441-0136	33.8	mpcc	HE2237-0518	31.9	mpcc
HE0041-3010	47.8	mpcc	HE0340-3952	43.5	mpcc	HE1028-0433	36.9	mpcc	HE1441-1010	45.2	mpcc	HE2237-0526	41.5	mpcb
HE0041-3115	53.8	mpcc	HE0340-4625	42.3	mpcc	HE1028-1505	32.9	mpcc	HE1441-1958	42.2	mpcc	HE2237-0534	58.6	mpcc
HE0041-3139	36.5	mpcc	HE0340-6139	51.5	mpcc	HE1028-1505	33.5	mpcc	HE1442+0012	37.0	mpcc	HE2237-0536	30.2	mpcb
HE0041-3245	43.5	mpcc	HE0340-6159	47.2	mpcc	HE1029+0042	42.9	mpcb	HE1442-0756	46.6	mpcc	HE2237-0545	70.0	mpcb
HE0042+0100	51.1	mpcc	HE0341-0205	57.1	mpcc	HE1029-1757	32.4	fhlc	HE1442-1334	53.9	mpcc	HE2237-0549	50.2	mpcc
HE0042-0421	49.5	mpcc	HE0341-0808	47.9	mpcc	HE1029-1757	37.5	fhlc	HE1442-2111	52.9	mpcb	HE2237-0615	61.8	mpcc
HE0042-1545	41.5	mpcc	HE0341-1715	37.3	mpcc	HE1029-2105	41.3	mpcc	HE1442-2208	60.1	mpcb	HE2237-1748	39.8	mpcc
HE0042-2049	33.9	mpcc	HE0341-2414	35.7	mpcc	HE1029-2637	36.1	mpcc	HE1443-0531	58.3	mpcc	HE2237-3740	42.1	mpcc
HE0042-2049	36.9	mpcc	HE0341-2442	40.6	mpcc	HE1030-0252	45.1	mpcc	HE1443-1222	41.2	mpcc	HE2237-4243	39.0	mpcc
HE0042-3358	43.0	mpcc	HE0341-3009	45.8	mpcc	HE1030-0306	53.7	mpcc	HE1443-1954	44.9	mpcc	HE2237-4651	44.7	mpcc
HE0042-3430	33.2	mpcc	HE0341-3044	42.6	mpcc	HE1030-1659	47.9	mpcc	HE1444+0152	49.6	mpcc	HE2237-4724	42.4	mpcc
HE0042-3828	55.6	fhlc	HE0341-3513	42.4	mpcc	HE1031-0404	34.1	mpcc	HE1444-1203	37.9	mpcc	HE2237-5154	32.9	mpcc
HE0042-4414	39.8	mpcc	HE0341-4311	39.5	mpcc	HE1031-0543	40.2	mpcb	HE1444-1219	31.5	mpcc	HE2237-5544	46.9	mpcc
HE0042-4702	32.1	mpcc	HE0341-4552	46.8	unid	HE1031-1522	36.4	mpcc	HE1444-2107	39.9	mpcc	HE2237-5836	34.9	mpcc
HE0043-0403	33.6	mpcc	HE0341-4943	39.1	mpcc	HE1031-1634	42.0	mpcc	HE1444-2128	40.6	mpcc	HE2238-0305	68.5	mpcc
HE0043-1027	46.2	mpcc	HE0341-5448	34.8	mpcb	HE1031-1717	47.6	mpcc	HE1445-0143	39.8	mpcc	HE2238-0308	58.9	mpcb
HE0043-2204	42.0	mpcc	HE0342+0057	57.0	mpcc	HE1032-0624	41.4	mpcc	HE1445-0324	39.4	unid	HE2238-0310	69.9	mpcc
HE0043-2758	37.5	mpcc	HE0342-0042	40.3	mpcc	HE1032-0732	35.3	mpcc	HE1445-2004	35.5	mpcc	HE2238-0401	72.0	mpcb
HE0043-3617	40.3	mpcc	HE0342-1026	34.2	mpcc	HE1032-1809	58.0	fhlc	HE1446+0217	36.3	unid	HE2238-0404	46.3	mpcc
HE0043-3844	38.4	mpcc	HE0342-1432	41.4	mpcc	HE1032-2042	46.9	mpcc	HE1446+0226	41.5	mpcc	HE2238-0410	45.8	mpcc
HE0043-4321	45.7	mpcc	HE0342-1610	43.2	mpcc	HE1032-2556	37.6	mpcc	HE1446-1424	43.0	mpcc	HE2238-0416	62.7	mpcc
HE0043-5943	46.7	mpcc	HE0342-1809	41.1	mpcc	HE1033-0530	31.8	mpcc	HE1447+0208	38.8	mpcc	HE2238-0420	37.1	mpcc
HE0044-0715	44.2	mpcc	HE0342-3644	40.9	mpcc	HE1033-0609	38.7	mpcc	HE1447-1016	39.1	mpcb	HE2238-0425	45.9	mpcb
HE0044-2718	42.0	mpcc	HE0342-4009	35.5	mpcc	HE1033-1246	32.4	mpcc	HE1447-1131	41.5	mpcc	HE2238-0435	48.5	mpcc
HE0044-2903	44.2	mpcb	HE0342-4601	47.9	mpcc	HE1033-1631	42.3	mpcc	HE1447-1533	34.5	mpcc	HE2238-0442	64.1	mpcc
HE0044-2907	35.7	mpcc	HE0342-5432	52.3	mpcc	HE1033-2411	32.2	mpcc	HE1448+0147	39.0	fhlc	HE2238-0442	65.5	mpcc
HE0044-3320	31.3	mpcc	HE0343-0001	43.2	mpcc	HE1033-2509	34.1	mpcb	HE1448-1006	42.9	mpcc	HE2238-0652	62.7	mpcb
HE0044-3547	32.0	mpcb	HE0343-2524	34.9	mpcc	HE1033-2633	40.7	mpcc	HE1448-1202	34.3	fhlc	HE2238-0701	60.5	mpcc
HE0044-3740	37.8	mpcc	HE0343-3107	34.6	mpcc	HE1034-0425	32.7	mpcc	HE1448-1406	30.4	mpcb	HE2238-1634	41.6	mpcc
HE0044-5151	39.1	mpcc	HE0343-3128	48.6	mpcc	HE1034-1300	45.6	mpcc	HE1448-1931	41.3	mpcc	HE2238-4133	48.4	mpcc
HE0044-6447	64.3	mpcc	HE0343-3419	45.8	mpcc	HE1034-1412	59.8	mpcc	HE1448-1942	47.3	mpcc	HE2238-4442	46.7	mpcc
HE0045-0304	47.8	fhlc	HE0343-4749	44.4	mpcc	HE1034-1604	39.6	mpcc	HE1449-0437	40.6	mpcc	HE2238-7712	42.1	mpcb
HE0045-2841	36.6	mpcc	HE0343-5536	38.6	mpcc	HE1034-1609	51.1	mpcc	HE1449-0518	59.9	unid	HE2238-7712	42.9	mpcc
HE0045-6521	46.4	fhlc	HE0343-6209	44.5	mpcc	HE1035+0146	54.5	mpcc	HE1449-1438	37.1	mpcc	HE2239-0219	39.3	mpcc
HE0046-0202	32.5	mpcc	HE0344-0459	44.3	mpcc	HE1035-1011	39.1	mpcc	HE1449-1440	36.9	mpcc	HE2239-0253	58.5	mpcc
HE0046-1730	49.2	mpcc	HE0344-0531	46.3	unid	HE1035-1400	42.8	mpcc	HE1450+0201	39.2	mpcb	HE2239-0308	74.2	mpcb
HE0046-1747	39.2	mpcc	HE0344-0844	50.8	mpcc	HE1035-1603	50.5	unid	HE1450-0407	46.6	mpcb	HE2239-0315	72.4	mpcc
HE0046-2239	33.5	mpcc	HE0344-1332	49.5	mpcb	HE1035-2215	44.1	mpcc	HE1450-1344	38.8	mpcc	HE2239-0322	81.0	mpcb
HE0046-3658	38.5	mpcb	HE0344-1847	32.0	mpcc	HE1035-2558	37.8	mpcc	HE1450-1429	39.8	mpcb	HE2239-0324	42.5	mpcc
HE0046-4531	43.0	mpcc	HE0344-2150	57.0	mpcc	HE1036-0350	45.3	mpcc	HE1451-0224	39.2	mpcb	HE2239-0341	39.1	mpcb
HE0046-4630	36.0	mpcc	HE0344-2349	40.1	mpcc	HE1036-0354	39.6	mpcc	HE1451-0659	37.0	mpcb	HE2239-0419	46.1	mpcc
HE0046-4712	35.4	mpcc	HE0344-2840	55.2	mpcc	HE1036-1612	34.1	mpcc	HE1451-0659	39.0	mpcc	HE2239-0439	64.6	mpcc
HE0046-4712	36.8	mpcc	HE0344-3032	33.2	mpcc	HE1036-1619	36.6	mpcc	HE1452-0327	40.5	mpcc	HE2239-0441	33.7	mpcc
HE0046-5158	36.2	mpcc	HE0344-4023	39.4	mpcb	HE1036-1703	44.0	mpcc	HE1452-1327	45.9	mpcc	HE2239-0441	34.6	mpcc
HE0046-5646	34.9	mpcc	HE0344-4611	36.8	mpcc	HE1036-2445	40.7	mpcc	HE1452-1702	40.2	mpcc	HE2239-0446	68.6	mpcc
HE0047-1900	41.4	mpcc	HE0344-5102	40.5	mpcc	HE1036-2600	34.3	mpcc	HE1453-0656	46.3	mpcc	HE2239-0447	36.5	mpcc
HE0047-4315	41.7	mpcc	HE0345+0006	30.1	mpcc	HE1037+0212	38.0	mpcc	HE1454-0015	38.6	mpcc	HE2239-0452	59.0	mpcc
HE0047-4456	52.4	mpcc	HE0345+0006	32.1	mpcc	HE1037-0306	43.6	mpcb	HE1454-1329	41.4	mpcc	HE2239-0506	34.6	mpcc
HE0047-4456	53.2	mpcc	HE0345-0239	44.0	mpcc	HE1037-1457	36.3	mpcc	HE1455+0001	51.7	mpcb	HE2239-0535	65.3	mpcc
HE0047-5624	42.8	mpcc	HE0345-0726	37.8	mpcc	HE1037-1604	36.2	mpcc	HE1455-1401	40.5	fhlc	HE2239-0606	46.8	mpcc
HE0047-6142	47.2	mpcc	HE0345-1740	38.2	mpcb	HE1037-2321	49.9	mpcc	HE1456+0220	49.5	mpcc	HE2239-0645	63.3	mpcc
HE0048-0108	42.8	mpcc	HE0345-1807	40.7	mpcc	HE1037-2445	38.7	mpcc	HE1456-0323	40.3	mpcc	HE2239-0656	43.3	mpcc
HE0048-0330	44.4	mpcc	HE0345-1809	39.1	mpcc	HE1037-2445	46.3	mpcc	HE1456-0536	38.9	mpcc	HE2239-0915	40.8	mpcc
HE0048-0804	46.7	mpcc	HE0345-3032	44.4	mpcc	HE1037-2445	47.3	mpcc	HE1457+0006	34.7	mpcc	HE2239-1002	46.5	mpcc
HE0048-2719	40.8	mpcc	HE0345-3711	36.6	mpcc	HE1037-2501	34.0	mpcc	HE1457-0021	52.2	mpcc	HE2239-1110	39.9	mpcc
HE0048-2903	38.2	mpcc	HE0345-4210	45.2	mpcc	HE1038-0435	64.0	mpcc	HE1457-1454	32.5	mpcc	HE2239-4154	36.2	mpcc
HE0048-4609	54.1	mpcc	HE0345-4311	32.6	mpcc	HE1038-2345	45.4	mpcc	HE1457-1629	37.8	mpcc	HE2239-4200	40.6	mpcc
HE0048-5718	44.4	mpcc	HE0345-4736	62.3	mpcc	HE1039-0016	37.9	mpcc	HE1458+0027	61.2	mpcc	HE2239-4552	41.9	mpcc
HE0048-5824	51.6	mpcb	HE0345-5122	38.6	mpcc	HE1039-0043	41.7	mpcc	HE1458-0106	46.6	fhlc	HE2239-5321	54.9	mpcc
HE0048-6605	52.3	mpcc	HE0345-5154	35.3	mpcc	HE1039-0043	50.0	mpcc	HE1458-0133	37.2	mpcc	HE2239-7232	46.1	mpcc
HE0049-3050	31.7	mpcc	HE0345-5314	46.5	mpcb	HE1039-0430	38.3	mpcc	HE1458-0630	43.4	mpcb	HE2240-0218	52.9	mpcb
HE0049-4225	42.1	mpcc	HE0346-2922	51.9	mpcc	HE1039-0519	43.3	mpcc	HE1458-0923	46.1	mpcc	HE2240-0228	55.9	mpcc
HE0049-5438	45.0	mpcc	HE0346-4055	32.3	mpcc	HE1039-1019	36.2	mpcb	HE1458-0923	47.9	mpcb	HE2240-0231	80.3	mpcb
HE0050-0157	33.0	mpcc	HE0347-3525	62.0	mpcc	HE1039-1347	52.9	mpcc	HE1458-1022	30.2	mpcc	HE2240-0231	80.7	mpcb
HE0050-0248	43.8	mpcc	HE0347-3818	47.0	mpcc	HE1039-1434	42.7	fhlc	HE1458-1226	43.5	mpcc	HE2240-0237	65.6	mpcc
HE0050-1856	41.6	unid	HE0347-4334	36.7	mpcc	HE1039-1434	44.0	fhlc	HE1458-1423	31.3	mpcc	HE2240-0240	82.3	mpcc
HE0050-2634	44.5	mpcc	HE0347-4905	34.9	mpcc	HE1040-1305	38.1	mpcc	HE1459+0030	48.4	mpcc	HE2240-0241	50.3	mpcc
HE0050-4342	43.5	mpcc	HE0347-6054	47.0	mpcc	HE1040-1325	45.8	mpcc	HE1459+0103	56.9	mpcc	HE2240-0242	39.9	mpcc
HE0051+0128	64.7	mpcc	HE0348+0124	51.9	mpcc	HE1040-1540	47.6	mpcc	HE1459-0154	59.5	mpcc	HE2240-0332	58	

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0052-2259	36.2	mpcc	HE0348-3651	39.6	mpcc	HE1042-1447	32.4	mpcc	HE1502-1424	41.5	mpcb	HE2240-0440	75.8	unid
HE0052-2826	43.1	mpcc	HE0348-4211	35.1	mpcc	HE1042-2514	39.3	mpcc	HE1503+0239	57.2	mpcc	HE2240-0448	64.0	mpca
HE0052-2901	40.6	mpcc	HE0348-4213	30.2	mpcc	HE1043-0027	35.9	mpcc	HE1503-0052	41.2	unid	HE2240-0448	81.4	mpcb
HE0052-3620	42.3	mpcc	HE0348-4917	32.5	mpcb	HE1043-0109	35.0	mpcc	HE1503-0659	38.7	mpcc	HE2240-0448	84.8	mpcb
HE0052-3901	45.1	mpcc	HE0349-0240	47.0	mpcc	HE1043-0802	51.4	unid	HE1503-0918	39.0	mpcb	HE2240-0448	92.6	mpcb
HE0052-6147	42.6	mpcc	HE0349-2701	31.5	mpcc	HE1043-0942	48.3	mpcc	HE1503-1550	40.6	mpcc	HE2240-0450	55.9	mpcc
HE0053-0202	55.0	mpcc	HE0350-1205	46.0	mpcc	HE1043-1110	64.9	unid	HE1503-1606	44.7	mpcc	HE2240-0528	32.2	mpcc
HE0053-0356	35.6	fhlc	HE0350-1739	40.4	mpcc	HE1043-1516	53.2	fhlc	HE1504-0111	47.1	mpcb	HE2240-0552	42.4	mpcb
HE0053-0356	36.5	mpcb	HE0350-1739	43.3	mpcc	HE1044-0110	63.6	mpcc	HE1504-0616	40.0	mpcc	HE2240-0552	43.4	mpcb
HE0053-0805	50.2	mpcc	HE0350-2548	46.5	mpcc	HE1044-0334	51.6	mpcc	HE1504-1534	38.9	mpcc	HE2240-0622	53.9	mpcc
HE0053-2548	49.2	mpcc	HE0350-2813	46.9	mpcc	HE1044-1255	47.4	mpcc	HE1505-0536	42.9	mpcc	HE2240-0644	62.9	mpcc
HE0053-3059	42.4	mpcc	HE0350-3551	33.3	mpcc	HE1044-2206	45.6	unid	HE1505-0635	33.4	mpcc	HE2240-0828	34.7	mpcc
HE0053-3510	44.6	mpcc	HE0350-4241	47.3	mpcc	HE1044-2542	44.1	mpcb	HE1505-0826	32.2	mpcb	HE2240-0828	35.8	mpcc
HE0053-3708	40.7	mpcc	HE0350-4855	39.5	mpcc	HE1044-2709	51.5	mpcc	HE1506+0241	54.0	fhlc	HE2240-5236	33.3	mpcc
HE0053-3850	52.3	mpcc	HE0350-5250	41.4	mpcc	HE1045+0226	53.0	fhlc	HE1506-1434	49.3	mpcb	HE2240-5509	36.6	mpcc
HE0053-4612	32.6	mpcc	HE0350-5250	47.3	mpcc	HE1045+0226	53.9	mpcb	HE1507-0407	39.2	mpcc	HE2240-6011	48.1	mpcc
HE0053-6240	44.5	mpcc	HE0350-5310	41.8	mpcc	HE1045-1441	40.8	mpcc	HE1507-1055	39.3	mpcc	HE2241+0006	39.3	mpcc
HE0053-6311	33.7	mpcc	HE0351-1931	40.9	mpcc	HE1045-1502	33.6	mpcc	HE1507-1104	46.3	mpcb	HE2241-0233	65.2	mpcb
HE0054-3659	57.6	mpcc	HE0351-2645	33.6	mpcc	HE1045-1937	45.4	mpcc	HE1507-1122	37.3	fhlc	HE2241-0244	69.2	mpcc
HE0054-4835	49.2	mpcc	HE0351-2752	43.3	mpcc	HE1045-2226	38.4	mpcc	HE1507-1215	57.2	mpcc	HE2241-0248	38.3	mpcb
HE0054-6204	43.4	mpcc	HE0351-3013	34.3	mpcb	HE1046-1319	52.9	mpcc	HE1508-0736	32.0	mpcb	HE2241-0250	54.7	mpcc
HE0054-6447	44.4	mpcc	HE0351-3951	35.3	mpcb	HE1046-1528	60.3	fhlc	HE1509-0447	46.1	mpcc	HE2241-0256	62.4	mpcc
HE0055-0122	52.5	unid	HE0351-4416	38.9	mpcc	HE1046-1604	38.6	fhlc	HE1509-1437	32.7	fhlc	HE2241-0256	78.1	mpcc
HE0055-1438	41.7	mpcc	HE0351-4510	49.9	mpcc	HE1046-1626	41.1	mpcc	HE1511-0648	43.8	mpcc	HE2241-0323	65.4	mpcc
HE0055-2004	37.7	mpcc	HE0351-5000	34.3	mpcc	HE1046-1644	30.2	mpcb	HE1512+0149	57.5	mpcc	HE2241-0326	46.0	mpcb
HE0055-2111	40.4	mpcc	HE0351-5027	35.4	mpcc	HE1046-1714	41.1	mpcc	HE1512-0605	44.5	mpcc	HE2241-0350	38.0	mpcc
HE0055-2507	42.1	fhlc	HE0351-5337	42.6	mpcb	HE1046-2011	49.1	mpcc	HE1513-0122	48.4	mpcc	HE2241-0354	63.7	unid
HE0055-2716	35.8	mpcc	HE0352+0242	58.6	fhlc	HE1046-2532	35.0	mpcc	HE1515-0323	39.3	mpcc	HE2241-0443	48.0	mpcc
HE0055-3955	35.5	mpcc	HE0352-0920	56.1	mpcc	HE1047-0603	37.8	mpcc	HE1516-0107	36.3	mpcb	HE2241-0443	55.1	mpcc
HE0055-4301	31.4	mpcc	HE0352-2350	42.8	mpcc	HE1047-2151	44.5	mpcc	HE1516-0903	40.9	fhlc	HE2241-0454	47.6	mpcb
HE0055-4657	38.0	mpcc	HE0352-2350	48.2	mpcc	HE1047-2707	38.7	mpcc	HE1517-0541	39.5	mpcc	HE2241-0606	46.9	mpcc
HE0055-5227	37.8	mpcc	HE0352-2532	41.7	mpcc	HE1048-0021	42.2	mpcc	HE1518-0125	47.9	mpcc	HE2241-0623	88.9	mpcc
HE0055-6604	44.9	fhlc	HE0352-2921	38.1	mpcc	HE1048-0145	45.0	mpcc	HE1518-0541	32.4	mpcb	HE2241-1636	43.8	mpcc
HE0056-1458	43.2	unid	HE0352-2945	42.4	mpcc	HE1048-0200	45.1	mpcc	HE1518-1036	43.9	mpcc	HE2241-2213	40.7	mpcc
HE0056-1628	62.3	mpcc	HE0352-3911	42.1	mpcc	HE1048-0352	35.6	mpcc	HE1519-0434	51.2	mpcc	HE2241-2402	48.1	mpcc
HE0056-3040	44.3	mpcc	HE0352-4521	41.5	mpcc	HE1048-1048	36.9	mpcb	HE1519-0434	52.3	mpcc	HE2241-2920	57.1	mpcc
HE0056-3459	55.0	mpcc	HE0352-5414	40.0	mpcc	HE1048-1307	38.2	mpcc	HE1519-0946	38.6	mpcc	HE2241-4058	37.9	mpcc
HE0056-3509	51.6	mpcc	HE0353-2433	41.2	mpcc	HE1048-1624	33.0	mpcc	HE1520-0418	40.9	mpcc	HE2241-4213	35.6	mpcc
HE0056-5641	34.3	mpcc	HE0353-2904	53.4	mpcc	HE1048-2641	40.1	mpcc	HE1520-0502	31.7	mpcc	HE2241-4536	51.2	mpcc
HE0056-6008	41.9	mpcc	HE0353-5136	37.3	mpcc	HE1049-0103	47.7	mpcc	HE1524+0213	40.5	mpcc	HE2242-0213	44.1	mpcc
HE0057-0013	48.6	mpcc	HE0353-5542	52.7	mpcc	HE1049-0313	44.0	mpcb	HE1524-0721	39.2	mpcc	HE2242-0240	40.5	mpcc
HE0057-1901	36.9	mpcc	HE0354-3246	36.5	mpcc	HE1049-0922	48.4	unid	HE1525-0054	40.2	mpcc	HE2242-0242	73.6	mpcb
HE0057-2649	64.3	mpcc	HE0354-4640	41.9	fhlc	HE1049-1025	54.7	mpcb	HE1525-0954	42.6	mpcc	HE2242-0314	50.7	mpcc
HE0057-3002	48.6	mpcc	HE0354-5658	37.5	mpcc	HE1049-1758	45.1	mpcc	HE1526-0814	44.0	mpcc	HE2242-0316	59.0	mpcc
HE0057-3555	53.7	mpcc	HE0354-5844	51.9	mpcc	HE1049-2441	64.9	mpcc	HE1526-0916	52.6	mpcb	HE2242-0328	83.9	mpcb
HE0057-3650	45.9	mpcc	HE0354-6219	39.3	mpcc	HE1050+0226	36.4	mpcc	HE1527-0740	37.8	mpcb	HE2242-0329	86.7	mpcc
HE0057-3852	32.3	mpcc	HE0355+0215	56.4	fhlc	HE1050-0123	45.7	mpcc	HE1529-0232	32.4	mpcc	HE2242-0341	38.4	mpcc
HE0057-3936	42.0	unid	HE0355-1704	50.9	mpcc	HE1050-0223	40.3	mpcc	HE1529-0540	31.5	mpcc	HE2242-0350	73.0	mpcb
HE0057-5408	41.8	mpcc	HE0355-2448	42.4	mpcc	HE1050-1514	42.9	mpcc	HE1529-0838	36.4	mpcb	HE2242-0430	42.6	mpcc
HE0057-6445	55.6	mpcc	HE0355-2602	46.6	mpcc	HE1050-1622	53.3	mpcc	HE1925-6415	40.2	mpcc	HE2242-0433	66.5	unid
HE0058+0141	30.8	mpcb	HE0355-2629	50.3	unid	HE1050-2027	54.8	mpcc	HE1926-6430	37.3	mpcc	HE2242-0435	60.0	mpcc
HE0058-0224	35.7	mpcb	HE0355-3543	55.1	mpcc	HE1050-2429	61.8	mpcc	HE1926-6625	37.4	mpcc	HE2242-0515	43.1	mpcc
HE0058-1039	49.4	mpcc	HE0355-4100	40.1	mpcb	HE1051-0244	37.6	mpcc	HE1932-6228	39.7	mpcb	HE2242-0515	45.0	mpcc
HE0058-1411	42.0	mpcc	HE0355-4102	36.2	mpcc	HE1051-0401	41.3	mpcc	HE1934-6712	41.2	mpcc	HE2242-0545	41.1	mpcc
HE0058-1624	55.2	mpcc	HE0355-4136	31.6	mpcc	HE1052-0753	43.8	mpcc	HE1937-6314	51.0	fhlc	HE2242-0547	38.3	mpcc
HE0058-3831	42.6	mpcc	HE0355-4347	36.6	mpcc	HE1052-1127	40.5	mpcc	HE1939-6626	35.6	fhlc	HE2242-0554	44.2	mpcc
HE0058-4358	41.6	mpcc	HE0355-4954	38.3	mpcc	HE1052-1531	35.1	mpcc	HE1942-6438	42.7	mpcc	HE2242-0628	37.3	mpcc
HE0058-5257	44.5	mpcc	HE0356-0035	38.0	mpcc	HE1052-2436	46.8	mpcc	HE1946-6350	40.2	mpcc	HE2242-0628	40.4	mpcb
HE0059-0447	52.7	mpcc	HE0356-0403	45.3	mpcc	HE1053-0357	47.7	mpcc	HE1947-6321	34.5	mpcc	HE2242-0657	34.2	mpcc
HE0059-0824	56.7	mpcc	HE0356-0440	50.1	mpcc	HE1053-0800	45.4	mpcc	HE1947-6444	41.2	mpcc	HE2242-2652	36.8	mpcc
HE0059-2159	48.2	mpcc	HE0356-2227	34.8	mpcc	HE1053-2017	55.3	mpcc	HE1948-6415	35.2	mpcc	HE2242-3331	63.0	unid
HE0059-2441	52.2	mpcc	HE0356-4031	45.3	mpcc	HE1054-0212	45.8	mpcc	HE1949-6439	33.8	mpcc	HE2242-4903	41.1	mpcc
HE0059-3703	48.8	mpcb	HE0356-4901	45.6	mpcc	HE1054-1107	37.4	mpcc	HE1949-6542	34.1	mpcb	HE2242-7715	31.7	mpcc
HE0059-4202	38.6	fhlc	HE0356-5412	32.5	mpcc	HE1054-1443	37.8	mpcc	HE1950-6558	59.6	mpcc	HE2243-0201	45.3	mpcb
HE0059-5503	44.8	mpcc	HE0357-0310	36.7	mpcc	HE1054-1631	39.9	mpcc	HE1950-6706	47.6	mpcc	HE2243-0241	56.1	mpcb
HE0059-6540	44.8	fhlc	HE0357-2735	36.2	mpcc	HE1054-1949	50.7	mpcc	HE1951-6358	34.3	mpcc	HE2243-0253	56.6	mpcc
HE0100-3907	42.4	mpcc	HE0357-3619	39.1	mpcc	HE1054-2001	40.7	unid	HE1951-6514	36.5	mpcc	HE2243-0330	78.9	mpcb
HE0100-4008	35.9	mpcc	HE0357-5912	51.8	mpcc	HE1055-1915	36.4	mpcc	HE1952-6603	38.0	mpcc	HE2243-0356	48.8	mpcc
HE0100-4957	37.8	mpcc	HE0358+0014	52.8	mpcc	HE1056-0055	58.8	mpcc	HE1954-6344	37.0	mpcc	HE2243-0405	59.0	mpcc
HE0100-5950	43.2	mpcc	HE0358+0014	55.4	mpcc	HE1056-0241	41.8	mpcc	HE1956-5911	44.1	mpcc	HE2243-0445	77.1	mpcb
HE0100-5950	45.1	mpcc	HE0358-1929	42.9	mpcc	HE1056-1555	47.3	mpcc	HE1956-6050	57.5	unid	HE2243-0528	87.0	mpcc
HE0100-6504	52.8	mpcc	HE0358-2339	43.9	mpcc	HE1056-1917	43.2	mpcc	HE1956-6612	32.1	mpcc	HE2243-0531	60.5	mpcc
HE0101-3245	36.8	mpcc	HE0358-2421	43.0	mpcb	HE1056-2954	39.9	mpcc	HE1958-5930	39.3	mpcc	HE2243-0545	43.5	mpcb
HE0101-4330	38.6	mpcc	HE0358-2636	38.7	mpcb	HE1057-0245	35.8	unid	HE1959-5906	38.0	mpcc	HE2243-0552	48.1	mpcc
HE0101-4949	37.0	mpcc	HE0358-2658	32.6	mpcc	HE1057-0327	53.4	mpcc	HE2000-6147	50.7	mpcc	HE2243-0612	83.1	mpcb
HE0101-5052	35.6	mpcc	HE0358-3727	40.8	mpcc	HE1057-1058	38.6	mpcc	HE2000-6652	37.0	mpcc	HE2243-0618	66.7	

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0102-3936	46.8	unid	HE0400-1228	40.5	fhlc	HE1059-0033	42.8	mpcc	HE2005-5849	38.4	mpcc	HE2243-4145	33.9	mpcc
HE0102-4121	43.5	mpcc	HE0400-1648	46.7	mpcc	HE1059-0421	62.2	mpcc	HE2006-5334	35.5	mpcb	HE2243-5034	33.7	mpcc
HE0102-4515	45.3	mpcc	HE0400-1648	63.5	mpcc	HE1059-0436	46.4	mpcc	HE2007-5348	41.5	mpcc	HE2243-5333	40.2	mpcb
HE0103-0352	57.7	mpcc	HE0400-2441	39.7	mpcc	HE1059-0806	40.2	mpcc	HE2007-5556	45.0	mpcc	HE2243-5334	35.2	mpcc
HE0103-0923	59.5	mpcc	HE0400-2649	43.2	mpcc	HE1059-1023	42.1	mpcc	HE2007-6539	68.4	mpcc	HE2243-5750	32.7	mpcc
HE0103-2229	33.6	mpcc	HE0400-3006	35.3	mpcc	HE1059-1408	39.2	mpcc	HE2008-5853	39.5	mpcc	HE2243-6314	36.5	mpcc
HE0103-2229	46.9	mpcc	HE0400-4120	37.5	mpcb	HE1059-1639	43.9	mpcc	HE2008-6024	52.6	mpcb	HE2243-6521	42.8	fhlc
HE0103-2329	35.8	mpcc	HE0400-4643	42.9	mpcc	HE1059-1808	34.4	mpcc	HE2009-5530	55.2	mpcc	HE2243-6521	45.2	mpcc
HE0103-3338	41.6	mpcc	HE0400-4745	44.6	mpcc	HE1059-2317	58.1	mpcc	HE2009-5918	39.4	mpcc	HE2243-6521	45.3	mpcc
HE0103-4234	44.4	mpcc	HE0401-0825	40.5	mpcc	HE1059-2559	38.1	mpcc	HE2009-6127	33.1	mpcc	HE2243-6521	47.3	mpcc
HE0104-0022	32.6	mpcc	HE0401-0832	36.4	mpcc	HE1059-2906	39.4	mpcc	HE2010-5708	47.1	mpcc	HE2244+0017	54.9	mpcc
HE0104-0033	31.6	mpcb	HE0401-1424	38.6	mpcc	HE1100-1637	31.8	mpcc	HE2010-6520	32.1	mpcc	HE2244-0137	36.8	mpcc
HE0104-1820	37.6	mpcc	HE0401-2206	39.7	fhlc	HE1100-2134	43.2	mpcc	HE2011-5308	39.7	mpcc	HE2244-0226	61.4	mpcc
HE0104-2717	33.9	mpca	HE0401-2236	36.1	mpcc	HE1100-2309	38.7	mpcc	HE2011-5854	35.5	mpcc	HE2244-0309	58.7	mpcc
HE0104-4003	37.9	mpcc	HE0401-2449	35.8	mpcc	HE1101-0442	36.1	mpcc	HE2011-6005	37.8	mpcc	HE2244-0444	32.5	mpcb
HE0104-4003	39.2	mpcc	HE0401-2704	50.1	mpcc	HE1101-0608	58.6	mpcc	HE2013-6003	52.5	mpcc	HE2244-0459	72.6	mpcc
HE0104-4125	53.4	mpcc	HE0401-3317	34.6	mpcc	HE1101-0832	36.6	mpcc	HE2013-6059	37.4	mpcc	HE2244-0500	40.7	mpcc
HE0104-4354	32.8	mpcc	HE0401-3321	33.0	mpcc	HE1101-3103	37.4	mpcc	HE2014-5640	45.8	mpcc	HE2244-0511	63.3	mpcb
HE0104-4446	39.2	mpcc	HE0401-3603	37.7	mpcc	HE1101-3220	34.0	mpcc	HE2015-5307	35.7	mpcc	HE2244-0532	68.3	mpcc
HE0104-4942	44.5	mpcc	HE0401-3938	37.1	mpcc	HE1102-1436	49.0	mpcc	HE2015-5602	50.4	mpcc	HE2244-0554	30.9	mpcb
HE0104-5849	49.0	unid	HE0401-4233	44.9	mpcc	HE1102-2158	56.3	mpcc	HE2015-5944	34.1	mpcc	HE2244-0652	58.5	mpcc
HE0105-0838	33.0	mpcc	HE0401-5115	40.6	mpcc	HE1103+0112	43.3	mpcc	HE2015-5944	39.7	mpcc	HE2244-0700	35.7	mpcc
HE0105-2749	53.1	mpcc	HE0401-6109	40.9	mpcc	HE1103+0200	42.4	mpcb	HE2016-5552	39.7	mpcc	HE2244-0819	36.9	mpcc
HE0105-3208	38.2	fhlc	HE0402-0247	42.7	mpcc	HE1103-0131	56.8	mpcc	HE2016-6203	34.5	mpcc	HE2244-2339	40.5	mpcc
HE0105-4259	37.9	mpcc	HE0402-1438	37.2	mpcc	HE1103-0345	33.9	mpcc	HE2017-5419	40.9	mpcc	HE2244-2451	52.3	mpcc
HE0105-4717	35.1	unid	HE0402-1654	45.7	mpcc	HE1103-0816	53.7	mpcc	HE2017-5725	38.0	mpcc	HE2244-2451	53.1	mpcc
HE0105-6220	44.4	mpcc	HE0402-2123	50.5	mpcc	HE1103-0956	54.3	mpcc	HE2017-6100	47.7	mpcc	HE2244-2454	40.2	mpcc
HE0106-0244	33.7	mpcc	HE0402-2442	43.9	mpcc	HE1103-2819	44.6	unid	HE2017-6122	45.5	mpcc	HE2244-3140	41.4	mpcc
HE0106-0723	33.6	mpcc	HE0402-2949	38.1	mpcc	HE1103-3112	62.8	mpcc	HE2018-5300	48.2	mpcc	HE2244-3214	46.7	fhlc
HE0106-1334	33.5	mpcc	HE0402-3442	43.9	mpcc	HE1104-0238	33.8	unid	HE2018-5414	41.5	mpcb	HE2244-3417	47.8	mpcc
HE0106-2108	54.5	mpcc	HE0402-3746	42.4	mpcc	HE1104-0343	65.3	mpcc	HE2019-5243	36.4	mpcc	HE2244-3618	43.9	mpcc
HE0106-2137	42.1	mpcc	HE0402-4136	41.0	mpcc	HE1104-0855	39.7	mpcc	HE2019-5536	44.1	mpcc	HE2244-3939	47.5	mpcc
HE0106-2649	51.1	mpcc	HE0402-4240	42.0	fhlc	HE1104-1548	47.0	unid	HE2019-6121	47.1	mpcc	HE2244-4540	46.7	mpcc
HE0106-3519	32.0	mpcc	HE0402-4959	55.6	mpcb	HE1104-1904	32.3	mpcc	HE2019-6211	36.9	mpcb	HE2244-5002	41.7	mpcc
HE0106-3907	37.6	mpcc	HE0402-5039	48.0	mpcc	HE1104-2509	40.5	mpcc	HE2020-5345	34.6	mpcc	HE2244-5440	38.7	mpcc
HE0106-6552	40.1	mpcc	HE0402-5613	40.7	unid	HE1104-2511	34.7	mpcc	HE2021-5949	37.8	mpcb	HE2244-5447	32.2	mpcc
HE0106-6626	37.5	mpcc	HE0403-0354	38.7	mpcc	HE1105-0807	34.1	mpcc	HE2022-5726	47.2	mpcc	HE2244-5612	38.3	mpcc
HE0107+0036	33.5	mpcb	HE0403-2248	41.3	mpcc	HE1105-1944	53.4	mpcc	HE2022-5838	45.3	mpcb	HE2245-0216	32.1	mpcc
HE0107-0332	42.5	mpcc	HE0403-2332	40.6	mpcc	HE1105-2629	48.5	mpcb	HE2023-5559	34.5	mpcc	HE2245-0218	60.3	mpcc
HE0107-0332	45.1	mpcc	HE0403-3434	53.3	mpcc	HE1106+0021	35.9	mpcc	HE2025-5221	39.1	mpcc	HE2245-0232	53.7	mpcc
HE0107-1822	33.4	mpcc	HE0403-3830	31.6	fhlc	HE1106-0602	36.8	mpcc	HE2026-6022	31.8	mpcc	HE2245-0232	81.5	mpcc
HE0107-1830	42.3	mpcc	HE0403-3934	31.7	mpcc	HE1106-1618	32.4	mpcc	HE2027-5729	50.4	unid	HE2245-0307	47.0	mpcc
HE0107-2210	53.6	mpcc	HE0403-4023	45.9	mpcc	HE1106-1951	34.9	mpcc	HE2029-5324	49.3	mpcc	HE2245-0339	46.5	mpcc
HE0107-4836	46.8	unid	HE0403-5838	50.5	mpcc	HE1106-2502	36.0	mpcc	HE2029-5424	47.7	mpcb	HE2245-0348	90.9	mpcb
HE0107-6640	46.9	mpcc	HE0404+0045	48.4	fhlc	HE1107-1012	33.5	mpcc	HE2030-5323	30.8	mpcc	HE2245-0425	53.4	mpcb
HE0108-0541	74.7	unid	HE0404-1039	44.8	fhlc	HE1107-1432	34.9	mpcb	HE2030-6056	37.3	fhlc	HE2245-0456	35.4	mpcc
HE0108-2714	42.8	fhlc	HE0404-1746	40.0	mpcc	HE1107-1909	42.4	mpcc	HE2033-5221	51.5	mpcc	HE2245-0501	48.6	mpcc
HE0108-2918	41.5	mpcc	HE0404-2355	43.6	mpcc	HE1107-2641	45.6	mpcc	HE2033-6206	34.9	mpcc	HE2245-0621	50.1	mpcc
HE0108-3402	52.0	fhlc	HE0404-2355	51.5	mpcc	HE1107-2732	36.3	mpcc	HE2033-6206	37.4	mpcc	HE2245-0650	43.3	mpcc
HE0108-3436	43.4	mpcc	HE0404-2650	39.9	mpcc	HE1107-2746	43.9	mpcc	HE2035-5421	42.8	mpcc	HE2245-0650	46.5	mpcc
HE0108-3758	41.1	mpcc	HE0404-4040	47.8	mpcc	HE1107-2803	47.6	mpcc	HE2036-5549	40.3	mpcc	HE2245-1446	48.3	mpcc
HE0108-6205	49.9	mpcc	HE0404-4440	66.5	mpcb	HE1107-2908	71.0	fhlc	HE2038-5320	38.1	mpcc	HE2245-1540	47.0	mpcc
HE0108-6543	53.1	mpcc	HE0404-4514	44.2	mpcc	HE1108-0550	50.2	mpcc	HE2041-6045	34.8	mpcb	HE2245-1638	38.1	mpcc
HE0109-1706	52.4	mpcc	HE0404-4804	53.8	mpcc	HE1108-0853	43.7	mpcc	HE2042-5244	42.9	mpcc	HE2245-2357	53.1	mpcc
HE0109-1751	39.7	mpcc	HE0404-5309	41.2	mpcc	HE1108-2032	48.2	mpcc	HE2043-5525	41.7	mpcc	HE2245-2708	47.6	mpcc
HE0109-2121	38.6	mpcc	HE0405-0326	57.0	mpcc	HE1108-2238	37.7	mpcc	HE2043-5525	41.9	mpcc	HE2245-3326	36.3	mpcc
HE0109-4623	47.3	mpcc	HE0405-1205	47.0	mpcc	HE1108-2342	53.4	mpcc	HE2043-5628	57.0	mpcc	HE2245-4258	48.6	fhlc
HE0109-4636	34.9	mpcc	HE0405-2952	50.2	mpcc	HE1108-2741	33.1	mpcc	HE2045-5046	43.2	mpcb	HE2245-5219	36.9	mpcc
HE0109-6200	34.7	mpcc	HE0405-3451	49.4	mpcc	HE1109-1155	32.1	mpcc	HE2045-5133	51.5	mpcc	HE2245-5822	39.8	mpcc
HE0109-6644	42.8	mpcc	HE0405-3633	61.3	mpcc	HE1109-1619	42.2	mpcc	HE2046-4527	40.1	mpcc	HE2245-6209	43.2	mpcc
HE0110-1303	36.2	mpcc	HE0405-4411	31.8	unid	HE1109-1704	35.0	mpcc	HE2047-4410	54.8	mpcc	HE2246-0358	70.3	mpcb
HE0110-1554	54.9	mpcc	HE0405-4452	46.2	mpcc	HE1109-1833	50.6	mpcc	HE2047-4916	38.1	unid	HE2246-0415	76.9	mpcc
HE0110-6607	52.5	fhlc	HE0406-1845	37.8	fhlc	HE1109-1948	40.1	mpcc	HE2047-5204	41.3	mpcc	HE2246-0434	45.3	mpcc
HE0111-0308	56.0	mpcc	HE0406-2457	43.0	mpcc	HE1109-2202	35.9	mpcc	HE2048-4301	54.4	fhlc	HE2246-0439	44.2	mpcc
HE0111-0900	73.1	unid	HE0406-2739	73.5	unid	HE1109-3221	39.2	mpcc	HE2048-4822	50.8	mpcc	HE2246-0449	55.1	mpcb
HE0111-0906	44.3	mpcb	HE0406-4134	56.2	mpcc	HE1110-1625	31.7	mpcc	HE2048-5024	40.4	mpcc	HE2246-0449	59.6	mpcb
HE0111-1405	45.6	mpcc	HE0406-4151	41.2	mpcc	HE1110-1625	33.4	mpcc	HE2048-5156	55.9	mpcb	HE2246-0453	72.4	mpcc
HE0111-1619	39.1	mpcc	HE0406-5608	31.7	mpcc	HE1110-2031	48.5	mpcc	HE2048-5520	40.9	mpcc	HE2246-0511	37.7	mpcb
HE0111-1854	36.4	mpcc	HE0406-5613	53.9	mpcc	HE1110-2430	35.7	mpcb	HE2048-5619	42.7	mpcc	HE2246-0534	37.3	mpcc
HE0111-2850	37.7	mpcc	HE0407-0031	65.8	mpcc	HE1110-2432	43.3	mpcc	HE2049-5325	34.5	mpcc	HE2246-0555	44.4	unid
HE0111-3002	49.0	mpcc	HE0407-1439	47.0	mpcc	HE1110-2529	59.8	fhlc	HE2050-4812	44.8	mpcc	HE2246-2625	42.4	mpcc
HE0111-5142	40.6	unid	HE0407-2052	36.5	fhlc	HE1111-0050	48.5	unid	HE2050-5221	55.8	mpcc	HE2246-3550	52.2	mpcc
HE0111-5611	37.2	mpcc	HE0407-2221	42.8	mpcc	HE1111-0350	43.6	mpcc	HE2050-5504	39.5	mpcc	HE2246-5946	47.7	mpcc
HE0111-5715	49.4	mpcc	HE0407-2916	41.4	mpcc	HE1111-0439	51.6	mpcc	HE2051-4429	54.3	mpcc	HE2247-0257	62.1	mpcc
HE0111-6331	45.1	mpcc	HE0407-3551	45.8	mpcc	HE1111-1433	33.9	mpcc	HE2051-4818	31.4	mpcc	HE2247-0302	44.1	mpcb
HE0112-1449	44.9	mpcc	HE0407-4905	38.5	mpcc	HE1111-1627	55.4	mpcc	HE2051-4946	49.7	mpcc	HE2247-0303	67.0	

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0114-1657	43.5	mpcc	HE0409-0153	30.7	mpcb	HE1113-0010	53.8	mpcc	HE2053-5154	43.7	mpcc	HE2247-0618	43.6	fhlc
HE0114-1842	60.3	mpcc	HE0409-1047	46.9	mpcc	HE1113-0404	37.2	mpcc	HE2053-5454	37.9	mpcc	HE2247-0618	46.6	mpcb
HE0114-2048	42.5	mpcc	HE0409-1812	42.1	mpcc	HE1113-0529	51.3	mpcc	HE2054-4654	38.2	mpcc	HE2247-0648	50.3	mpcc
HE0114-2323	39.0	mpcc	HE0409-1834	37.0	mpcc	HE1113-1224	34.6	mpcc	HE2054-5000	31.0	mpcc	HE2247-3359	40.2	mpcc
HE0114-2718	43.9	mpcc	HE0409-2221	39.7	mpcc	HE1113-1746	50.1	mpcc	HE2054-5030	43.4	mpcc	HE2247-4831	42.5	mpcb
HE0114-6514	45.5	mpcc	HE0409-2458	36.9	mpcc	HE1113-2022	45.8	mpcc	HE2054-5322	34.2	mpcc	HE2247-5151	43.1	mpcc
HE0115-0342	55.1	mpcc	HE0409-2841	51.1	mpcc	HE1113-2243	49.9	mpcc	HE2055-5326	54.6	mpcc	HE2248-0229	79.1	mpcc
HE0115-0907	54.7	mpcc	HE0409-2933	36.1	mpcc	HE1113-2431	33.1	mpcc	HE2055-5326	61.1	mpcc	HE2248-0245	63.4	mpcc
HE0115-2848	44.7	mpcb	HE0409-4639	30.5	mpcc	HE1113-2838	45.4	mpcc	HE2055-5454	47.3	mpcc	HE2248-0256	30.5	mpcc
HE0115-3207	34.6	mpcc	HE0409-5456	39.6	mpcc	HE1113-3136	35.2	mpcc	HE2055-5454	53.8	unid	HE2248-0312	45.8	mpcc
HE0115-4116	37.6	mpcc	HE0410-0035	40.5	mpcc	HE1114-0142	35.4	unid	HE2056-5043	33.3	unid	HE2248-0322	40.2	mpcc
HE0115-4417	44.0	mpcc	HE0410-1136	44.0	mpcc	HE1114-0611	33.4	mpcc	HE2056-5836	41.0	mpcc	HE2248-0353	55.4	mpcc
HE0115-4432	35.9	mpcc	HE0410-2445	34.0	mpcc	HE1114-0638	33.1	mpcc	HE2056-6128	35.6	mpcc	HE2248-0420	68.6	unid
HE0115-4553	39.5	mpcb	HE0410-2705	43.7	mpcc	HE1115-0147	43.1	mpcc	HE2057-5314	43.1	mpcc	HE2248-0421	74.7	mpcc
HE0115-5720	40.1	mpcc	HE0410-2945	42.1	mpcc	HE1115-1422	53.4	unid	HE2058-5417	35.8	mpcc	HE2248-0451	53.1	mpcc
HE0116-0304	50.8	mpcc	HE0411-3102	32.5	mpcc	HE1115-2739	36.7	mpcc	HE2059-4840	37.5	mpcc	HE2248-0512	63.7	mpcc
HE0116-1314	43.8	mpcc	HE0411-3151	35.4	mpcc	HE1116-0144	50.0	mpcc	HE2059-4905	49.1	mpcc	HE2248-0525	54.5	mpcc
HE0116-4118	42.6	mpcc	HE0411-4736	42.5	mpcc	HE1116-1539	37.0	mpcc	HE2059-5307	46.1	mpcc	HE2248-0550	59.3	mpcc
HE0116-5313	47.6	mpcc	HE0411-4910	40.6	mpcc	HE1116-1553	45.4	mpcc	HE2059-5545	61.7	mpcc	HE2248-0622	100.7	mpcc
HE0116-6102	45.7	mpcc	HE0412-0643	47.3	mpcc	HE1116-1609	39.7	mpcc	HE2100-4245	49.4	mpcc	HE2248-0705	47.2	mpcc
HE0116-6534	36.1	mpcb	HE0412-1444	33.3	mpcc	HE1117-0301	34.3	mpcc	HE2100-5125	47.0	mpcc	HE2248-2620	38.1	mpcc
HE0117-1041	64.3	unid	HE0412-3354	40.3	mpcb	HE1117-0457	46.6	mpcc	HE2100-5311	42.9	mpcc	HE2248-3240	42.2	mpcc
HE0117-2204	46.2	mpcc	HE0412-3611	35.0	mpcc	HE1117-1603	43.6	mpcc	HE2100-5703	40.0	mpcc	HE2248-5140	51.0	mpcc
HE0117-2854	57.2	mpcc	HE0412-4045	43.6	mpcc	HE1117-1958	40.5	mpcc	HE2101-4745	49.0	mpcc	HE2248-5818	46.4	mpcc
HE0117-3223	50.9	mpcc	HE0412-4934	43.5	mpcc	HE1117-2130	38.2	mpcb	HE2101-4906	40.1	mpcc	HE2248-5948	39.8	mpcc
HE0117-3751	41.0	mpcc	HE0412-4955	55.7	mpcc	HE1117-2142	42.5	mpcb	HE2101-5051	43.1	mpcc	HE2248-6053	33.3	mpcc
HE0117-5418	55.6	fhlc	HE0412-4955	57.7	mpcc	HE1117-2700	38.6	mpcc	HE2101-5523	38.1	mpcc	HE2248-6204	66.2	mpcc
HE0118-3130	51.0	mpcc	HE0412-5102	34.6	mpcc	HE1117-3023	42.5	fhlc	HE2101-5618	39.2	mpcc	HE2248-6411	41.9	mpcc
HE0118-4141	49.5	mpcc	HE0413-0044	56.3	mpcc	HE1117-3143	31.9	mpcc	HE2102-4244	45.7	mpcc	HE2249-0302	61.3	mpcc
HE0118-4141	51.8	mpcc	HE0413-0448	47.6	mpcc	HE1118-0238	60.6	mpcb	HE2102-5040	40.3	mpcc	HE2249-0311	56.1	mpcb
HE0118-4324	37.8	mpcc	HE0413-2727	40.6	mpcc	HE1118-1447	35.0	mpcc	HE2102-5139	43.1	mpcb	HE2249-0325	78.6	mpcc
HE0118-4834	35.5	mpcb	HE0413-2844	37.5	mpcc	HE1119-1442	46.1	mpcc	HE2103-4748	51.3	mpcc	HE2249-0336	56.6	mpcc
HE0118-4834	37.4	mpcc	HE0413-3026	39.6	mpcc	HE1119-1514	35.6	mpcc	HE2103-5229	45.1	mpcc	HE2249-0343	33.5	mpcc
HE0118-4933	36.8	mpcb	HE0414-0539	46.2	mpcc	HE1119-1754	49.8	mpcc	HE2103-5248	39.1	mpcc	HE2249-0343	68.9	mpcc
HE0118-5119	32.7	mpcc	HE0414-0922	52.8	mpcc	HE1120-0529	46.0	mpcc	HE2104-4328	42.5	fhlc	HE2249-0345	44.3	mpcc
HE0118-5137	42.2	mpcc	HE0414-1540	41.6	mpcc	HE1120-0538	51.9	mpcc	HE2104-5101	41.2	mpcc	HE2249-0347	62.0	mpcb
HE0118-5419	44.5	mpcc	HE0414-2903	48.0	mpcc	HE1120-1132	71.0	mpcc	HE2104-6057	48.2	mpcc	HE2249-0505	43.4	mpcc
HE0118-5758	37.1	fhlc	HE0414-3025	38.1	mpcc	HE1120-1716	60.1	mpcc	HE2105-5104	33.6	mpcc	HE2249-0511	61.9	unid
HE0118-6041	37.2	mpcc	HE0414-4645	34.1	mpcc	HE1120-1716	62.2	mpcc	HE2105-5221	31.0	mpcc	HE2249-0545	80.8	mpcb
HE0118-6044	41.7	mpcc	HE0414-5109	37.8	mpcc	HE1120-1929	50.7	mpcc	HE2106-4928	31.7	mpcc	HE2249-0627	40.4	mpcc
HE0118-6607	35.9	mpcc	HE0414-5257	33.1	mpcc	HE1120-2041	45.7	mpcc	HE2107-4255	62.6	fhlc	HE2249-0644	41.0	mpcc
HE0119-0900	39.1	mpcc	HE0414-5514	36.9	mpcc	HE1120-2520	47.5	mpcc	HE2107-4544	48.9	mpcc	HE2249-0708	37.2	mpcc
HE0119-1315	40.4	mpcc	HE0415-0943	39.2	mpcc	HE1121+0220	32.5	mpcc	HE2107-5004	41.1	mpcc	HE2249-0714	67.7	mpcb
HE0119-1508	43.1	mpcc	HE0415-2330	46.2	mpcc	HE1121-1042	42.6	mpcc	HE2107-5142	35.3	mpcc	HE2249-1327	51.5	mpcc
HE0119-2005	42.0	mpcc	HE0415-2359	35.6	mpcc	HE1121-2629	40.4	mpcc	HE2109-4507	41.7	mpcb	HE2249-1523	41.6	mpcc
HE0119-2342	39.9	mpcc	HE0415-3529	40.6	fhlc	HE1121-2752	62.8	mpcc	HE2109-5123	46.7	mpcc	HE2249-1712	36.3	mpcc
HE0119-4206	48.1	mpcc	HE0415-5538	47.8	mpcc	HE1122-1105	33.2	unid	HE2110-4243	47.5	mpcc	HE2249-3400	44.9	mpcc
HE0119-5200	46.6	mpcc	HE0416-1440	40.0	mpcc	HE1122-2942	58.1	mpcc	HE2110-4336	35.2	mpcb	HE2249-4410	45.6	mpcc
HE0119-6128	47.2	mpcb	HE0416-2346	48.5	mpcc	HE1122-3104	43.9	mpcc	HE2110-4902	42.9	mpcc	HE2249-4759	44.1	mpcc
HE0120-1305	39.8	mpcc	HE0416-3834	70.7	mpcb	HE1123-0942	42.0	mpcc	HE2110-5431	34.9	mpcc	HE2249-4828	51.4	mpcb
HE0120-1924	43.4	mpcb	HE0416-4110	52.4	unid	HE1123-1414	36.6	mpcc	HE2111-0641	36.6	mpcc	HE2249-5837	44.3	fhlc
HE0120-2351	48.3	mpcc	HE0416-4530	47.9	mpcc	HE1123-1953	40.8	mpcc	HE2111-4458	34.1	mpcc	HE2249-5837	45.2	fhlc
HE0120-3900	40.1	mpcb	HE0416-5200	46.8	mpcc	HE1123-2207	36.7	mpcc	HE2111-4737	35.2	mpcc	HE2249-5927	42.5	unid
HE0120-4401	51.6	mpcb	HE0417-1438	39.8	mpcc	HE1124-1220	36.7	mpcc	HE2111-4844	42.8	mpcc	HE2250-0232	43.6	mpcc
HE0120-4518	40.3	unid	HE0417-2734	48.9	mpcc	HE1124-1856	32.6	mpcc	HE2112-4449	47.5	mpcc	HE2250-0305	30.3	mpcc
HE0120-4627	39.8	mpcc	HE0417-3356	36.0	fhlc	HE1124-2433	39.9	fhlc	HE2112-5003	39.3	mpcc	HE2250-0320	60.1	mpcb
HE0121-2205	44.9	mpcc	HE0417-5313	35.3	mpcc	HE1124-2422	39.3	mpcc	HE2112-5224	55.5	mpcc	HE2250-0404	52.7	mpcb
HE0121-4045	63.9	unid	HE0418-0535	40.7	mpcc	HE1125-1059	43.1	mpcc	HE2112-5236	43.0	mpcc	HE2250-0440	37.4	mpcb
HE0121-4240	48.5	mpcc	HE0418-2609	51.2	mpcc	HE1125-1343	36.1	mpcc	HE2112-5236	43.5	mpcc	HE2250-0440	46.8	mpcb
HE0121-4243	41.1	mpcb	HE0418-2655	37.4	mpcc	HE1125-1343	36.6	mpcc	HE2112-5446	53.8	mpcc	HE2250-0520	57.8	unid
HE0121-4839	51.8	mpcc	HE0418-4210	34.7	mpcb	HE1125-1757	37.1	mpcc	HE2112-5446	53.9	mpcc	HE2250-0638	41.2	mpcc
HE0122-0755	45.2	mpcb	HE0418-4415	31.4	mpcc	HE1125-1828	35.5	mpcc	HE2113-0707	32.8	mpcc	HE2250-1249	34.6	mpcc
HE0122-2146	43.2	mpcc	HE0418-5351	33.8	mpcc	HE1125-2211	41.7	mpcb	HE2113-4403	56.2	mpcc	HE2250-2104	38.0	mpcc
HE0122-3011	35.4	mpcc	HE0418-5542	53.8	mpcc	HE1126-0131	36.7	mpcc	HE2113-4425	45.9	mpcc	HE2250-2316	42.0	mpcc
HE0122-3648	40.7	mpcc	HE0419-0606	35.0	mpcc	HE1126-0144	41.9	unid	HE2113-4620	51.9	mpcc	HE2250-3000	43.7	mpcc
HE0122-3911	51.3	unid	HE0419-3652	32.2	mpcc	HE1126-1209	33.9	mpca	HE2113-5116	42.5	mpcc	HE2250-3011	50.7	mpcc
HE0122-4027	45.9	mpcc	HE0419-3735	38.2	mpcc	HE1126-1229	34.0	fhlc	HE2113-5125	40.9	mpcc	HE2250-5259	37.0	mpcc
HE0122-4416	44.4	mpcc	HE0419-5458	43.5	mpcc	HE1126-1833	51.0	mpcc	HE2113-5228	35.3	mpcc	HE2250-6107	44.1	mpcc
HE0122-4511	36.9	mpcc	HE0419-5713	45.1	mpcc	HE1127-0958	55.9	mpcc	HE2113-6001	40.7	mpcc	HE2250-6125	37.0	mpcc
HE0122-4727	39.5	mpcb	HE0420-0430	43.8	mpcc	HE1127-1446	36.4	mpcc	HE2113-6131	50.4	mpcc	HE2250-6901	42.9	mpcc
HE0122-5017	34.4	mpcc	HE0420-0450	43.0	mpcc	HE1127-2105	38.4	mpcc	HE2113-6146	54.9	mpcc	HE2251-2455	34.4	mpcc
HE0122-5939	49.3	mpcc	HE0420-1730	51.5	mpcc	HE1127-2420	41.6	mpcc	HE2114-5141	39.0	unid	HE2251-3700	48.5	mpcc
HE0122-6403	42.1	mpcb	HE0420-2149	58.9	mpcc	HE1127-2758	40.1	mpcc	HE2114-5150	32.4	mpcc	HE2251-4547	50.0	mpcc
HE0123+0023	32.3	mpcb	HE0420-2721	36.7	mpcc	HE1128+0003	43.9	mpcc	HE2114-5734	53.2	mpcc	HE2251-5241	38.0	mpca
HE0123-2155	41.2	mpcc	HE0420-2836	34.8	mpcc	HE1128-0418	37.2	mpcc	HE2115-5051	49.2	mpcc	HE2251-5708	38.9	mpcc
HE0123-2417	45.9	mpcc	HE0420-2953	39.1	mpcc	HE1128-0836	35.7	mpcc	HE2116-0320	49.4	unid	HE2251-		

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0124-2546	45.9	mpcc	HE0421-2828	44.5	mpcc	HE1129-2809	43.4	mpcc	HE2117-6018	31.7	mpcc	HE2252-7345	32.5	mpcb
HE0124-3727	43.3	mpcc	HE0421-3043	51.1	mpcc	HE1129-2850	35.1	mpcc	HE2117-6018	31.7	mpcc	HE2252-7345	33.0	mpcc
HE0124-3751	35.8	mpcc	HE0421-3123	37.6	mpcc	HE1129-2850	39.9	mpcb	HE2118-3134	52.1	mpcc	HE2252-7530	36.3	mpcc
HE0124-4531	36.9	mpcc	HE0421-3423	33.2	mpcb	HE1130-0139	43.0	mpcc	HE2118-4835	40.8	mpcc	HE2253-1055	39.5	mpcc
HE0124-4634	38.0	mpcc	HE0421-3808	49.4	unid	HE1130-0256	66.0	mpcc	HE2118-5244	36.7	mpcc	HE2253-4050	33.5	mpcc
HE0124-6703	42.1	mpca	HE0421-4811	37.5	mpcc	HE1130-1257	39.7	mpcc	HE2118-5654	41.0	mpcc	HE2253-5111	57.6	mpcc
HE0125-0317	58.3	mpcc	HE0421-5714	33.6	mpcb	HE1130-1515	78.5	unid	HE2118-5654	42.0	mpcc	HE2253-5937	53.0	mpcc
HE0125-0332	39.9	mpcc	HE0421-5717	47.1	unid	HE1130-1515	82.0	unid	HE2118-5821	43.7	mpcc	HE2253-7714	57.2	mpcb
HE0125-1921	41.7	mpcc	HE0422-0837	34.6	mpcc	HE1130-1656	41.9	mpcc	HE2119-0424	32.2	mpcc	HE2254-0822	53.4	mpcc
HE0125-2015	44.0	mpcc	HE0422-2050	45.6	mpcc	HE1130-1952	35.7	mpcc	HE2119-2834	46.1	mpcc	HE2254-3910	33.4	mpcc
HE0125-2300	34.8	mpcb	HE0422-2602	47.8	mpcc	HE1130-3219	53.5	mpcc	HE2119-4950	46.0	mpcc	HE2254-4741	40.1	mpcc
HE0125-4517	40.0	mpcb	HE0422-2958	44.8	mpcc	HE1131+0217	37.2	mpca	HE2119-5204	51.1	mpcc	HE2254-6049	40.9	mpcc
HE0126-2147	38.0	mpcc	HE0422-4749	39.5	mpcc	HE1131-1403	48.0	mpcc	HE2119-6010	44.3	mpcc	HE2254-7213	38.8	mpcb
HE0126-4409	39.8	mpcc	HE0422-5325	40.5	mpcc	HE1131-1816	38.8	mpcb	HE2120-0624	49.5	mpcc	HE2254-7325	33.7	mpcc
HE0126-4518	45.5	mpcb	HE0422-5426	43.3	mpcc	HE1131-1837	53.4	mpcc	HE2120-4313	43.9	mpcc	HE2255-2430	38.7	mpcc
HE0126-4635	32.9	mpcc	HE0423-0808	44.0	mpcc	HE1131-1956	46.6	mpcc	HE2120-5510	35.9	mpcc	HE2255-3619	39.3	mpcc
HE0126-4704	40.5	mpcc	HE0423-1013	44.1	mpcc	HE1131-2123	33.1	mpcc	HE2121-2808	39.5	mpcc	HE2255-4324	51.2	mpcb
HE0126-4804	44.8	unid	HE0423-2110	43.3	mpcb	HE1131-2448	35.2	mpcc	HE2121-4934	40.9	mpcc	HE2255-4911	33.6	mpcc
HE0127-3323	43.1	mpcc	HE0423-2328	50.5	mpcc	HE1131-3017	46.0	mpcc	HE2121-5455	41.1	mpcc	HE2255-5702	39.0	mpcc
HE0127-3605	45.4	mpcc	HE0423-2613	38.8	mpcc	HE1132-0859	36.0	mpcc	HE2121-6009	52.2	mpcc	HE2256-1445	51.8	fhlc
HE0127-3707	51.3	mpcc	HE0423-2947	33.9	mpcc	HE1132-0915	31.8	mpcc	HE2122-2827	46.8	mpcc	HE2256-3123	39.5	mpcc
HE0127-3955	47.5	mpcc	HE0423-2948	47.8	mpcc	HE1132-1925	49.1	mpcc	HE2122-5540	61.0	mpcc	HE2256-4650	51.4	fhlc
HE0127-4116	45.7	mpcc	HE0423-3443	49.7	mpcc	HE1132-1941	62.4	mpcc	HE2122-5827	57.1	mpcb	HE2256-5207	47.5	mpcc
HE0127-4319	45.0	mpcc	HE0423-3451	44.2	mpcc	HE1132-2513	36.3	unid	HE2123-0540	44.4	mpcc	HE2256-5423	33.7	mpcc
HE0127-4410	48.7	fhlc	HE0423-3608	39.1	mpcc	HE1132-2553	38.9	mpcc	HE2123-2943	36.1	mpcc	HE2256-7432	34.1	mpcb
HE0127-4433	33.9	habs	HE0423-3713	33.4	mpcc	HE1132-2811	47.9	mpcc	HE2123-5659	39.7	mpcc	HE2256-7535	39.3	mpcc
HE0127-4905	31.0	mpcc	HE0423-4144	36.5	mpcb	HE1132-3026	36.9	mpcc	HE2124-3325	48.4	mpcc	HE2257-0049	36.9	mpcc
HE0128-2246	36.7	mpcc	HE0423-5505	42.1	mpcb	HE1133+0006	54.8	mpcc	HE2124-4238	50.3	mpcc	HE2257-0136	40.8	unid
HE0128-3541	47.8	mpcc	HE0423-5507	33.5	mpcc	HE1133-0351	37.4	mpcc	HE2124-5303	38.4	mpcc	HE2257-1442	41.1	mpcc
HE0128-3752	37.3	mpcb	HE0423-5524	63.5	mpcc	HE1133-0802	39.7	mpcc	HE2124-6007	38.8	unid	HE2257-3104	60.0	mpcc
HE0128-4418	45.1	mpcc	HE0424-1753	35.2	mpcc	HE1133-0802	40.4	mpcc	HE2125-3045	41.3	mpcc	HE2257-5600	37.2	mpcc
HE0128-5116	32.0	mpcc	HE0424-3531	49.2	mpcc	HE1133-1806	35.6	mpcc	HE2125-3447	35.6	fhlc	HE2257-5706	44.8	mpcc
HE0129+0052	50.9	unid	HE0424-4102	43.6	mpcc	HE1134+0107	38.1	mpcc	HE2125-3648	52.1	unid	HE2257-5710	31.5	mpcc
HE0129+0052	51.8	mpcc	HE0424-5335	40.5	mpcc	HE1134+0117	39.3	mpcc	HE2125-4317	44.3	mpcc	HE2257-6127	35.0	mpcc
HE0129-1610	37.9	mpcc	HE0424-5437	40.5	mpcc	HE1134-1105	46.9	mpcc	HE2125-4437	40.6	mpcc	HE2257-6144	41.7	mpcc
HE0129-1647	32.7	mpcc	HE0424-5521	38.9	mpcb	HE1134-1310	42.8	mpcc	HE2125-5020	30.1	mpcc	HE2257-6221	35.8	mpcc
HE0129-2215	33.8	mpcc	HE0424-5622	33.2	unid	HE1134-3037	57.1	mpcc	HE2125-5138	43.2	mpcc	HE2257-6923	38.4	mpcc
HE0129-2855	39.1	mpcc	HE0424-5622	37.9	mpcc	HE1135-0200	42.6	mpcc	HE2125-5340	38.6	mpcc	HE2258+0139	46.4	mpcc
HE0129-3647	47.7	mpcc	HE0424-5722	47.7	mpcc	HE1135-0705	35.0	unid	HE2125-6000	37.7	mpcc	HE2258-0057	47.3	mpcb
HE0129-4112	32.6	mpcc	HE0424-5723	34.6	mpcc	HE1135-0800	32.7	mpcb	HE2126-2804	44.4	mpcc	HE2258-1358	43.9	mpcc
HE0129-6030	62.6	mpcb	HE0425-1150	49.2	mpcc	HE1136+0157	42.7	mpcb	HE2126-3100	36.5	mpcc	HE2258-5831	42.0	mpcc
HE0129-6514	36.4	mpcb	HE0425-2155	54.9	mpcc	HE1136+0159	32.9	mpcc	HE2126-3321	34.9	mpcc	HE2258-6732	34.4	mpcc
HE0130+0005	43.1	mpcc	HE0425-3117	48.2	mpcc	HE1136-0332	46.9	mpcc	HE2126-4148	43.6	mpcc	HE2258-7315	46.5	mpcc
HE0130+0133	41.9	mpcc	HE0425-3429	33.1	mpcc	HE1136-0343	54.6	mpcc	HE2126-6031	50.6	mpcc	HE2258-7435	60.1	mpcc
HE0130-0255	39.3	mpcc	HE0425-3621	34.0	mpcb	HE1136-0631	38.8	mpcb	HE2127-2939	35.2	mpcc	HE2259+0034	42.3	mpcc
HE0130-1713	41.1	mpcc	HE0425-5618	44.0	mpcc	HE1136-0815	58.4	mpcc	HE2127-3117	45.2	fhlc	HE2259-0936	47.4	mpcc
HE0130-2034	55.4	mpcc	HE0426-0949	36.2	mpcb	HE1136-1142	48.4	mpcc	HE2127-3452	39.6	mpcc	HE2259-1039	45.3	mpcc
HE0130-3515	54.5	mpcc	HE0426-2026	45.4	mpcc	HE1136-1311	62.4	mpcc	HE2127-3940	33.5	mpcc	HE2259-3822	33.4	mpcc
HE0130-3533	43.3	mpcc	HE0426-2032	36.2	fhlc	HE1136-1406	41.5	mpcc	HE2127-4112	32.1	mpcc	HE2259-4059	40.8	mpcc
HE0130-4424	33.8	mpcc	HE0427-2107	41.9	mpcc	HE1136-1637	41.9	mpcc	HE2128-0547	33.1	mpcc	HE2259-5309	44.6	mpcc
HE0130-5149	40.3	mpcc	HE0427-2245	38.2	unid	HE1136-2010	32.1	mpcc	HE2128-3124	46.0	mpcc	HE2259-7135	51.6	mpcc
HE0130-6215	41.5	mpcc	HE0427-2604	42.2	mpcc	HE1137-1259	34.8	mpcc	HE2128-3124	50.8	mpcc	HE2259-7359	32.6	mpcb
HE0131+0106	43.5	mpcc	HE0427-3257	35.4	mpcb	HE1137-1259	35.0	mpcb	HE2128-3353	51.8	mpcc	HE2259-7518	43.2	mpcb
HE0131-1219	47.9	mpcc	HE0427-3557	55.0	mpcc	HE1137-1839	45.0	mpcc	HE2128-5409	52.3	mpcc	HE2300+0129	41.7	mpcc
HE0131-1631	40.7	mpcc	HE0427-5133	33.0	mpcc	HE1137-2945	48.4	mpcc	HE2128-5853	43.6	mpcc	HE2300-3406	49.5	mpcc
HE0131-2020	47.3	mpcc	HE0427-5555	35.1	mpcc	HE1137-3159	33.1	mpcc	HE2129-0520	37.4	mpcc	HE2300-3952	47.8	mpcc
HE0131-2153	44.4	mpcc	HE0428-0835	37.7	fhlc	HE1137-3219	44.3	mpcc	HE2129-0828	52.7	mpcc	HE2300-5217	49.8	mpcc
HE0131-2313	40.9	mpcc	HE0428-1047	49.9	fhlc	HE1138-0914	40.2	mpcc	HE2129-2837	41.2	mpcc	HE2300-7506	41.0	mpcc
HE0131-2455	34.9	mpcc	HE0428-1822	35.4	mpcc	HE1138-1348	47.9	mpcc	HE2129-3225	48.8	mpcc	HE2301-3848	49.9	mpcc
HE0131-2742	48.5	fhlc	HE0428-2018	44.9	mpcc	HE1138-2242	39.9	mpcc	HE2129-3308	34.6	unid	HE2301-4933	54.6	mpcc
HE0131-2742	51.1	fhlc	HE0428-2203	40.7	mpcc	HE1138-2259	39.6	mpcc	HE2129-3900	37.7	mpcc	HE2301-5045	42.7	mpcc
HE0131-2855	45.8	mpcc	HE0428-2458	53.9	unid	HE1138-2609	56.3	mpcc	HE2129-5346	44.8	mpcc	HE2301-5223	58.4	mpcc
HE0131-3343	38.7	mpcb	HE0428-3451	39.7	mpcc	HE1138-2613	36.4	mpcc	HE2129-5409	43.5	mpcc	HE2301-5330	33.3	mpcc
HE0131-3946	36.3	mpcc	HE0428-3948	37.8	mpcb	HE1139-0600	48.7	mpcc	HE2129-5943	41.3	mpcc	HE2301-6450	48.1	mpcc
HE0131-4818	65.0	mpcc	HE0428-4350	37.4	mpcc	HE1139-1228	43.9	mpcc	HE2129-6037	37.9	mpcc	HE2301-7142	38.8	mpcb
HE0131-5055	53.8	mpcc	HE0428-5340	56.1	mpcc	HE1139-1330	51.0	mpcc	HE2130-0818	32.8	mpcc	HE2301-7559	32.4	mpcb
HE0131-5934	57.6	mpcc	HE0429-1207	49.4	mpcc	HE1139-2844	32.5	mpcc	HE2130-3607	43.3	mpcc	HE2302-1200	43.2	mpcc
HE0132-0321	31.0	mpcb	HE0429-2633	39.8	mpcb	HE1139-3020	39.0	mpcc	HE2130-3651	33.1	mpcb	HE2302-2121	45.9	mpcc
HE0132-0933	39.6	mpcc	HE0429-4825	46.7	mpcc	HE1140-0035	48.5	mpcc	HE2130-3751	38.9	mpcc	HE2302-3938	37.3	mpcc
HE0132-2932	41.6	mpcc	HE0429-4825	48.8	mpcc	HE1140-1508	41.7	mpca	HE2130-4908	51.2	mpcc	HE2302-4645	48.1	mpcc
HE0132-4741	57.1	mpcc	HE0429-5100	50.8	mpcc	HE1140-1701	39.8	mpcc	HE2130-5027	43.6	mpcc	HE2302-6024	43.5	mpcc
HE0132-6551	45.4	mpcc	HE0429-5149	57.4	mpcc	HE1140-2814	32.1	fhlc	HE2130-5125	44.4	mpcc	HE2302-7209	33.4	mpcb
HE0133-0046	39.3	mpcc	HE0430-1610	36.3	mpcc	HE1140-3136	36.6	mpcc	HE2130-5423	45.1	mpcc	HE2302-7239	63.4	mpcc
HE0133-1434	43.8	mpcc	HE0430-2312	36.1	mpcc	HE1141-0111	31.6	mpcc	HE2130-5641	38.8	mpcc	HE2303-0013	41.8	mpcc
HE0133-2101	46.6	mpcc	HE0430-2948	38.9	mpcc	HE1141-0216	31.1	mpcc	HE2131-0156	49.4	mpcb	HE2303-0049	39.4	unid
HE0133-3111	39.3	fhlc	HE0430-3822	34.0	mpcc	HE1141-0216	33.7	mpcc	HE2131-0507	35.9	mpcc	HE2303-1		

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0135-1735	39.0	mpcc	HE0431-4106	35.2	mpcc	HE1142-0637	34.3	mpcc	HE2132-0628	38.4	mpcc	HE2304+0217	43.2	mpcc
HE0135-2534	37.3	mpcc	HE0431-4629	45.5	mpcc	HE1142-1058	45.8	mpcc	HE2132-1543	34.9	mpcc	HE2304-0108	50.7	mpcc
HE0135-3048	45.6	mpcc	HE0431-5502	38.7	mpcc	HE1142-1058	46.1	mpcc	HE2132-3511	59.8	unid	HE2304-0146	66.1	mpcc
HE0135-3253	43.5	mpcc	HE0432+0127	38.1	mpcc	HE1142-1546	55.0	unid	HE2132-3549	43.4	mpcc	HE2304-1254	44.7	mpcc
HE0135-4655	36.1	mpcc	HE0432-3741	35.1	mpcc	HE1142-2117	38.5	mpcc	HE2132-4307	41.1	mpcc	HE2304-3950	45.9	mpcb
HE0135-5958	54.1	mpcc	HE0432-5455	39.3	mpcc	HE1142-2313	33.2	mpcc	HE2132-4741	49.9	mpcc	HE2304-5012	57.6	unid
HE0135-6258	49.9	mpcc	HE0432-5708	37.1	mpcc	HE1142-2316	46.3	habs	HE2132-5641	44.3	mpcc	HE2304-6733	34.5	mpcc
HE0136+0214	55.0	mpcc	HE0433-0559	44.8	mpcc	HE1142-2453	42.2	mpcc	HE2132-6214	45.3	mpcc	HE2304-7022	31.4	mpcc
HE0136-0424	44.5	mpcc	HE0433-1130	38.8	mpcc	HE1142-2755	48.5	mpcc	HE2133-0515	52.1	mpcb	HE2304-7621	34.1	mpcc
HE0136-3310	35.8	mpcb	HE0433-1500	43.2	fhlc	HE1143-0458	32.8	mpcc	HE2133-1850	45.7	mpcc	HE2305-1326	58.5	mpcc
HE0137+0013	38.5	mpcc	HE0433-1746	50.5	mpcb	HE1143-0832	46.4	mpcc	HE2133-3247	52.0	mpcc	HE2305-2252	51.6	mpcc
HE0137+0138	44.8	mpcc	HE0433-1822	36.0	mpcc	HE1143-0908	48.6	mpcc	HE2133-3300	32.2	mpcc	HE2305-4534	47.6	mpcc
HE0137-0220	44.8	mpcc	HE0433-2648	43.5	fhlc	HE1143-1639	48.0	mpcc	HE2133-3418	32.4	unid	HE2305-5632	35.4	mpcc
HE0137-2438	38.0	mpcc	HE0433-2859	48.3	mpcc	HE1143-2656	68.7	mpcc	HE2133-3436	38.2	mpcc	HE2305-7022	33.2	mpcb
HE0137-2540	52.1	mpcc	HE0433-2942	50.3	mpcc	HE1143-2656	72.4	mpcc	HE2133-3529	43.2	mpcc	HE2306-0851	47.0	mpcc
HE0137-2634	37.7	mpcc	HE0433-3119	65.0	mpcc	HE1143-3211	45.1	mpcc	HE2133-3801	49.2	mpcc	HE2306-0925	42.1	mpcc
HE0137-3317	68.7	mpcc	HE0433-3939	48.3	mpcc	HE1144-0453	55.0	mpcc	HE2133-4850	46.2	mpcc	HE2306-2338	51.4	mpcc
HE0137-3823	38.4	mpcc	HE0433-4125	39.1	mpcc	HE1144-1236	47.6	mpcc	HE2133-5216	38.0	mpcc	HE2306-2705	33.4	mpcc
HE0138-0050	38.5	mpcc	HE0433-4416	44.1	mpca	HE1144-1249	62.4	mpcc	HE2133-6026	43.0	mpcc	HE2306-5356	40.1	mpcc
HE0138-0106	39.7	mpcc	HE0434+0037	48.5	fhlc	HE1144-1510	50.8	mpcc	HE2134-0607	52.7	mpcc	HE2306-5505	36.9	mpcc
HE0138-0109	46.8	mpcc	HE0434-0059	51.7	mpcc	HE1145+0032	78.7	mpcb	HE2134-0637	33.1	mpcb	HE2306-5659	58.6	mpcc
HE0138-2325	44.7	mpcc	HE0434-0722	32.6	mpcc	HE1145+0103	53.2	mpcc	HE2134-2906	40.8	mpcc	HE2306-5947	39.8	mpcc
HE0138-4216	45.2	mpcc	HE0434-1759	45.8	mpcc	HE1145+0224	43.2	mpcb	HE2134-3323	37.9	mpcc	HE2306-6156	35.0	mpcc
HE0138-4442	44.8	fhlc	HE0434-2415	45.8	mpcc	HE1145-0036	44.3	mpcc	HE2134-3353	57.1	mpcc	HE2306-7222	37.7	mpcc
HE0138-4525	39.9	mpcc	HE0434-2507	44.1	mpcc	HE1145-1655	32.7	mpcc	HE2134-4948	38.3	mpcc	HE2307+0047	49.1	mpcc
HE0138-4557	41.7	mpcc	HE0434-3307	53.5	fhlc	HE1145-1814	37.0	mpcb	HE2134-5138	40.7	mpcc	HE2307-2506	46.3	mpcc
HE0139-0125	49.9	mpcc	HE0435+0127	42.0	mpcc	HE1145-1954	53.1	mpcc	HE2135+0101	45.3	mpcc	HE2307-3838	47.3	mpcc
HE0139-0610	61.7	mpcc	HE0435-1245	59.2	mpcc	HE1145-2006	44.4	mpcc	HE2135-0223	45.0	mpcc	HE2307-6124	64.9	unid
HE0139-1421	47.0	mpcc	HE0435-1717	44.7	mpcc	HE1145-2006	46.5	mpcb	HE2135-0513	41.9	mpcc	HE2307-6124	69.3	unid
HE0139-1950	44.0	mpcc	HE0435-2704	39.4	mpcb	HE1145-2053	32.7	mpcc	HE2135-0759	32.9	fhlc	HE2307-7041	49.9	mpcc
HE0139-1952	43.3	mpcc	HE0435-3205	32.8	mpcc	HE1145-2427	51.8	mpcc	HE2135-1756	47.3	mpcc	HE2308-0510	39.4	mpcc
HE0139-2346	38.7	mpcc	HE0435-3420	58.5	mpcc	HE1146+0136	45.7	mpcc	HE2135-3758	47.3	mpcc	HE2308-2333	69.6	mpcc
HE0139-4335	33.9	mpcc	HE0435-4242	35.9	mpcc	HE1146-0748	37.7	mpcc	HE2136-1856	39.5	mpcc	HE2308-2739	54.9	mpcc
HE0139-5039	45.4	mpcc	HE0435-4314	51.9	mpcb	HE1146-1040	40.9	mpcc	HE2136-3402	39.6	mpcc	HE2308-3143	37.8	mpcc
HE0140+0123	46.0	mpcc	HE0435-5401	41.2	mpcc	HE1146-1040	41.2	mpcc	HE2136-4124	33.2	mpcc	HE2308-4139	42.3	mpcc
HE0140-0003	58.1	mpcc	HE0436-1413	49.1	mpcc	HE1146-1126	34.9	mpcc	HE2136-4220	49.0	unid	HE2308-4801	43.1	mpcc
HE0140-1243	51.8	mpcc	HE0436-2035	38.1	fhlc	HE1146-1128	35.9	mpcb	HE2136-4320	46.5	mpcc	HE2308-4907	39.0	mpcc
HE0140-1316	51.5	mpcc	HE0436-2145	36.9	mpcc	HE1146-2535	48.6	mpcc	HE2136-4449	37.2	mpcc	HE2308-6746	37.4	mpcb
HE0140-1450	41.5	mpcb	HE0436-2705	39.9	mpcc	HE1147+0212	49.7	mpcc	HE2136-4455	49.4	mpcc	HE2309-1425	49.9	mpcc
HE0140-1452	50.5	mpcc	HE0436-2734	39.0	mpcc	HE1147-0141	50.2	mpcc	HE2136-5213	46.4	mpcc	HE2309-3154	42.6	mpcc
HE0140-3116	36.3	fhlc	HE0436-2957	54.1	mpcc	HE1147-0415	43.9	fhlc	HE2136-5928	39.1	fhlc	HE2309-3608	46.2	mpcc
HE0140-4051	38.7	mpcc	HE0436-3259	50.0	mpcc	HE1147-1057	33.2	mpcb	HE2137-0441	35.0	mpcc	HE2309-4153	47.1	mpcc
HE0140-5011	39.9	mpcc	HE0436-3313	54.3	mpcc	HE1147-1522	44.3	mpca	HE2137-0713	47.7	mpcc	HE2309-4936	44.7	mpcc
HE0140-5036	40.3	mpcc	HE0436-3547	41.4	mpcc	HE1147-2759	40.4	mpcc	HE2137-1101	35.0	mpcc	HE2309-6335	39.4	mpcb
HE0141-0213	55.2	mpcc	HE0436-3757	43.4	mpcc	HE1147-3051	45.1	mpcc	HE2137-3229	38.9	mpcc	HE2309-6534	34.6	mpcc
HE0141-0332	47.1	mpcc	HE0436-3954	36.4	fhlc	HE1148-0354	41.1	mpcc	HE2137-4200	50.5	mpcc	HE2310-2446	39.7	mpcc
HE0141-0617	66.5	mpcb	HE0436-4133	56.9	unid	HE1148-1020	36.2	mpcb	HE2137-4625	46.2	mpcc	HE2310-3838	39.3	mpcc
HE0142-0810	40.2	mpcc	HE0436-4326	45.5	mpcc	HE1148-1025	38.5	mpcb	HE2137-5537	39.7	mpcc	HE2310-4144	60.0	mpcc
HE0142-2045	46.1	mpcc	HE0436-4723	42.5	mpcc	HE1148-1254	40.3	mpcb	HE2138-1434	39.3	mpcc	HE2310-5441	40.4	mpcc
HE0142-4630	43.9	mpcc	HE0436-4840	36.4	mpcc	HE1148-1418	35.2	fhlc	HE2138-1542	47.7	mpcc	HE2310-5817	33.1	mpcc
HE0142-5217	49.1	mpcc	HE0436-5256	32.7	mpcc	HE1148-1942	45.6	mpcc	HE2138-2107	37.6	mpcc	HE2311+0137	36.9	mpcc
HE0142-6453	46.6	fhlc	HE0436-5610	33.5	mpcb	HE1148-2024	43.8	mpcc	HE2138-4028	43.9	mpcc	HE2311-2818	35.2	mpcc
HE0143+0111	36.5	mpcc	HE0437+0036	39.8	mpcc	HE1148-2535	35.9	mpcc	HE2138-4138	51.6	mpcc	HE2311-5050	53.1	mpcc
HE0143+0137	53.8	mpcc	HE0437-0334	53.0	mpcc	HE1149-1751	51.3	mpcc	HE2138-4208	38.5	mpcc	HE2311-6229	36.1	mpcc
HE0143-0453	43.6	mpcc	HE0437-0405	37.0	mpcc	HE1149-2130	45.6	mpcc	HE2138-5023	31.0	mpcc	HE2311-6354	31.3	mpcb
HE0143-3050	37.6	mpcc	HE0437-1244	44.4	mpcc	HE1150+0026	39.1	mpcb	HE2138-5620	32.0	mpcc	HE2312-0006	41.7	mpcc
HE0143-3247	46.7	mpcc	HE0437-1635	31.2	mpcc	HE1150-0325	39.5	mpcc	HE2138-5734	46.6	unid	HE2312-4624	47.1	mpcc
HE0143-3449	37.1	mpcc	HE0437-2847	40.4	mpcc	HE1151+0008	40.5	mpcc	HE2138-5754	33.9	mpcc	HE2312-5441	49.6	mpcc
HE0143-4256	35.8	mpcc	HE0437-3443	39.0	mpcc	HE1151-1602	40.9	mpcc	HE2138-6054	40.9	mpcc	HE2312-6151	42.7	mpcc
HE0143-4937	52.6	mpcc	HE0437-3716	46.5	mpcc	HE1151-1935	48.9	mpcc	HE2139-0349	53.7	mpcc	HE2312-6837	45.6	mpcc
HE0143-6441	61.4	mpcb	HE0437-4004	52.7	mpcc	HE1151-1948	48.3	mpcc	HE2139-0722	53.5	mpcb	HE2313-1120	50.7	mpcc
HE0144-1904	43.5	mpcc	HE0437-4021	42.9	mpcc	HE1151-2442	39.6	mpcc	HE2139-0823	54.8	unid	HE2313-1951	55.6	mpcc
HE0144-1904	48.9	mpcc	HE0437-4146	42.7	mpcc	HE1151-3133	54.5	mpcc	HE2139-0823	56.6	unid	HE2313-2957	35.2	mpcc
HE0144-2021	49.6	mpcc	HE0437-4445	46.8	mpcc	HE1152-0932	43.7	mpcc	HE2139-3050	61.9	mpcc	HE2313-5140	40.2	mpcc
HE0144-2537	38.1	mpcc	HE0437-5603	38.5	mpcc	HE1152-0958	35.9	mpcb	HE2139-3229	39.7	mpcc	HE2313-5459	42.1	mpcc
HE0144-4535	34.6	unid	HE0437-5718	33.5	mpcc	HE1152-1143	49.6	mpcc	HE2139-3347	32.4	mpcc	HE2314-1130	41.7	mpcc
HE0144-6411	53.8	fhlc	HE0438+0028	43.5	mpcc	HE1152-1747	56.4	mpcc	HE2139-3417	47.3	mpcc	HE2314-2627	47.0	mpcc
HE0145-0126	39.2	mpcc	HE0438+0232	48.3	mpcc	HE1152-2647	32.9	mpcc	HE2139-3942	40.3	mpcc	HE2314-3445	44.2	mpcc
HE0145-0740	47.4	mpcc	HE0438-0054	41.3	mpcb	HE1153-0830	34.4	mpcc	HE2139-4658	45.2	mpcc	HE2315+0006	50.4	mpcc
HE0145-2949	39.1	mpcc	HE0438-2942	60.1	mpcc	HE1153-2729	54.5	mpcc	HE2139-5353	34.9	mpcc	HE2315-0244	34.2	mpcc
HE0145-3231	50.8	mpcc	HE0438-3407	41.9	mpcc	HE1154-0155	46.0	mpcc	HE2139-5827	38.4	mpcc	HE2315-0843	41.3	mpcc
HE0145-4644	56.9	unid	HE0438-3454	37.5	mpcc	HE1154-1012	51.1	mpcc	HE2140-0439	38.2	mpcc	HE2315-3644	54.1	mpcc
HE0145-5115	44.6	mpcc	HE0438-5331	56.9	mpcc	HE1154-1906	40.2	mpcc	HE2140-0744	38.3	fhlc	HE2315-5110	35.9	mpcc
HE0145-6709	35.8	mpcc	HE0438-5434	39.2	mpcc	HE1154-1906	41.1	mpcc	HE2140-2845	38.8	fhlc	HE2315-5124	59.2	mpcc
HE0146-0651	46.2	mpcb	HE0439-1228	34.0	unid	HE1154-2001	42.6	fhlc	HE2140-2937	41.8	unid	HE2315-5447	56.8	mpcc
HE0146-2533	34.1	mpcc	HE0439-2515	47.8	mpcc	HE1154-2001	44.8	mpcc	HE2140-3229	36.5	mpcc	HE2315-5		

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0148-1745	36.4	mpcc	HE0440-2440	44.4	mpcc	HE1155-0804	39.4	mpcc	HE2140-5610	43.1	mpcc	HE2317-1238	41.3	fhlc
HE0148-2324	48.5	mpcc	HE0440-2505	40.6	mpcc	HE1155-0807	45.9	unid	HE2140-5811	43.7	mpcc	HE2317-2117	60.0	mpcc
HE0148-3115	44.9	mpcc	HE0440-3315	34.2	mpcc	HE1155-1550	39.4	mpcc	HE2141-0312	43.9	mpcc	HE2317-2737	45.6	mpcc
HE0148-3659	50.6	mpcc	HE0440-3937	55.1	mpcc	HE1155-2208	32.6	mpcc	HE2141-0659	35.8	mpcc	HE2317-3207	40.2	mpcc
HE0148-4735	34.6	mpcc	HE0440-3946	43.8	mpcb	HE1155-2918	63.5	mpcc	HE2141-1827	59.8	mpcc	HE2317-5404	38.6	mpcc
HE0148-6044	49.1	mpcc	HE0440-5525	32.0	mpcb	HE1155-3109	56.0	mpcc	HE2141-2113	33.2	mpcc	HE2317-5558	37.0	mpcc
HE0148-6408	36.3	mpcc	HE0440-5625	48.7	mpcc	HE1156-0036	45.5	unid	HE2141-2222	32.9	mpcc	HE2317-6319	53.5	mpcb
HE0148-6521	36.3	mpcc	HE0441+0148	39.5	mpcc	HE1156-0448	37.7	mpcc	HE2141-3556	43.9	mpcb	HE2317-6532	53.3	unid
HE0149-0655	34.3	mpcc	HE0441-0017	34.9	mpcc	HE1156-0823	56.2	mpcc	HE2141-3744	43.3	unid	HE2317-6811	52.3	mpcc
HE0149-1159	42.7	mpcc	HE0441-0039	60.0	mpcc	HE1156-1058	37.0	mpcc	HE2141-4005	42.0	unid	HE2318-0543	54.3	mpcc
HE0149-2901	53.2	mpcc	HE0441-0223	37.5	mpcc	HE1156-1513	35.0	mpcc	HE2141-4012	47.6	mpcc	HE2318-1200	32.5	mpcc
HE0149-3339	38.7	fhlc	HE0441-0422	38.2	mpcc	HE1156-2807	32.5	mpcc	HE2141-4217	35.8	mpcc	HE2318-1347	47.5	mpcc
HE0149-4111	45.3	mpcc	HE0441-1241	35.2	fhlc	HE1156-3014	42.5	mpcc	HE2141-4833	54.1	mpcc	HE2318-3414	49.3	mpcc
HE0149-4322	40.9	mpcc	HE0441-2534	52.1	mpcc	HE1157+0150	62.7	mpcc	HE2141-5538	45.7	mpcb	HE2318-3759	50.5	mpcc
HE0149-4656	30.7	mpcb	HE0441-3430	39.9	mpcc	HE1157-0045	48.3	mpcb	HE2141-5623	37.7	mpcc	HE2318-6408	50.5	mpcc
HE0149-6132	55.8	mpcc	HE0441-3452	45.8	mpcc	HE1157-1406	41.0	mpcc	HE2142-1005	36.4	mpcc	HE2318-7256	35.0	mpcc
HE0150+0104	61.5	mpcc	HE0441-5332	42.8	mpcc	HE1157-1821	39.5	mpcc	HE2142-2222	54.3	mpcc	HE2319-0002	40.7	mpcc
HE0150-0013	39.7	mpcc	HE0441-5721	42.3	mpcc	HE1157-1927	39.6	mpcc	HE2142-3045	48.9	mpcc	HE2319-0422	56.2	mpcc
HE0150-0032	46.3	mpcc	HE0442-0330	51.9	mpcc	HE1158-0118	37.6	mpcc	HE2142-3158	49.7	mpcc	HE2319-0915	39.7	mpcc
HE0150-0119	57.2	mpcc	HE0442-1254	41.9	mpcc	HE1159+0203	43.3	mpcc	HE2142-3648	39.3	mpcc	HE2319-0952	37.3	mpcc
HE0150-1123	56.3	unid	HE0442-2706	42.0	mpcc	HE1159-0131	40.2	unid	HE2142-3916	33.5	mpcc	HE2319-2050	52.6	mpcc
HE0150-1437	46.7	mpcc	HE0442-2957	33.9	mpcc	HE1159-0517	34.4	mpcc	HE2142-4003	46.8	mpcc	HE2319-4140	49.2	mpcc
HE0150-2533	56.7	mpcc	HE0442-3133	46.0	mpcc	HE1159-0552	34.2	mpcc	HE2142-4121	34.2	mpcc	HE2319-4607	43.7	mpcc
HE0150-2724	51.6	mpcc	HE0442-3245	47.1	mpcc	HE1159-2400	47.3	mpcc	HE2142-4214	41.7	unid	HE2319-5614	41.5	mpcc
HE0150-2758	45.5	mpcc	HE0442-3617	47.9	mpcc	HE1200-1247	32.6	mpcc	HE2142-4549	30.9	mpcc	HE2319-6950	43.4	mpcb
HE0151+0117	45.5	mpcb	HE0442-4308	50.2	mpcc	HE1200-2609	44.1	mpcc	HE2143+0018	50.0	mpcc	HE2319-7356	59.9	unid
HE0151-0200	47.5	mpcc	HE0442-4417	40.6	mpcc	HE1201-2505	42.9	mpcc	HE2143-3527	47.7	mpcc	HE2320-4010	48.9	mpcc
HE0151-0457	62.9	mpcc	HE0442-4421	45.3	mpcc	HE1201-2903	55.8	mpcc	HE2143-3639	37.6	mpcc	HE2320-4552	47.7	mpcc
HE0151-1400	38.1	mpcc	HE0442-5205	51.6	mpcc	HE1201-3137	51.3	mpcc	HE2143-3738	41.4	mpcc	HE2320-7635	42.2	mpcc
HE0151-1431	39.3	mpcc	HE0442-5326	43.6	mpcc	HE1202-0233	38.4	mpcc	HE2143-4038	68.8	fhlc	HE2321-0416	44.6	mpcc
HE0151-2602	59.4	mpcc	HE0443-1813	45.9	mpcc	HE1202-0622	35.3	mpcc	HE2143-5121	42.3	mpcc	HE2321-0835	38.0	mpcb
HE0151-4254	32.0	mpcc	HE0443-2047	37.2	fhlc	HE1202-1145	31.5	mpcc	HE2143-5307	39.5	mpcc	HE2321-1055	42.3	mpcc
HE0151-4254	34.4	mpcc	HE0443-2242	55.9	mpcc	HE1202-1804	58.4	mpcc	HE2143-5352	31.7	mpcc	HE2321-1634	33.6	mpcc
HE0151-4735	43.1	mpcc	HE0443-2253	40.9	mpcc	HE1202-1806	41.0	fhlc	HE2143-5443	34.0	mpcc	HE2321-2348	50.8	mpcc
HE0151-4926	46.5	mpcc	HE0443-2533	38.2	mpcc	HE1202-2358	49.4	mpcc	HE2143-5643	56.7	mpcc	HE2321-3248	43.2	mpcc
HE0151-6531	39.1	mpcc	HE0443-3812	43.7	mpcc	HE1203-0730	55.0	unid	HE2144-0246	48.0	mpcc	HE2321-5758	55.8	mpcc
HE0152-0835	42.3	mpcc	HE0443-3916	51.7	unid	HE1203-1152	60.3	mpcc	HE2144-1726	50.1	mpcc	HE2321-6350	37.0	mpcc
HE0152-0839	60.2	mpcc	HE0443-3926	33.0	mpcc	HE1203-2927	36.0	fhlc	HE2144-1749	47.0	mpcc	HE2321-7724	44.4	mpcc
HE0152-1040	48.5	mpcc	HE0443-4205	35.4	mpcc	HE1203-3003	37.1	mpcc	HE2144-3304	46.8	mpcc	HE2322-2106	39.1	mpcc
HE0152-1927	37.8	mpcc	HE0444+0003	43.3	mpcc	HE1204+0211	39.7	mpcc	HE2144-3424	55.0	mpcc	HE2322-2716	38.8	mpcc
HE0152-2047	38.6	mpcc	HE0444-0755	41.4	mpcc	HE1204-0023	35.0	mpcc	HE2144-3634	33.8	mpcc	HE2322-3046	43.6	mpcc
HE0152-2635	37.2	mpcc	HE0444-2031	39.2	mpcc	HE1204-0307	31.4	mpcc	HE2144-3647	49.4	mpcc	HE2322-4347	48.1	mpcc
HE0152-4210	42.4	mpcc	HE0444-2421	43.2	fhlc	HE1204-0334	35.4	mpcc	HE2144-4626	37.6	mpcc	HE2323-2134	36.3	mpcc
HE0152-6532	37.2	mpcc	HE0444-2617	37.6	fhlc	HE1204-2234	40.6	mpcc	HE2144-5429	40.6	unid	HE2323-3052	52.2	mpcc
HE0153-0121	57.0	mpcc	HE0444-3155	37.1	mpcc	HE1205-0041	43.4	mpcc	HE2144-5622	41.8	mpcc	HE2323-3159	55.4	mpcc
HE0153-2247	40.6	unid	HE0444-3318	44.7	mpcc	HE1205-0302	48.7	mpcc	HE2145-0536	37.5	mpcc	HE2323-4028	44.8	mpcc
HE0153-4731	46.6	mpcc	HE0444-3536	43.2	mpcc	HE1205-1219	37.7	mpcc	HE2145-0823	37.9	mpcc	HE2323-5408	53.9	mpcc
HE0153-4816	44.2	mpcc	HE0444-3536	43.4	mpcc	HE1206-2205	51.2	mpcc	HE2145-2102	52.1	mpcc	HE2323-6029	36.2	mpcc
HE0153-5044	42.5	mpcc	HE0444-4349	64.5	mpcc	HE1206-2416	46.1	mpcc	HE2145-2119	34.9	mpcc	HE2323-6530	41.8	mpcc
HE0153-5813	41.7	mpcc	HE0444-4937	33.8	mpcc	HE1206-2919	33.0	mpcc	HE2145-3219	50.3	mpcc	HE2323-6612	50.5	mpcc
HE0153-5813	41.7	mpcc	HE0444-4956	38.7	mpcc	HE1207-0440	35.1	mpcc	HE2145-3841	40.1	unid	HE2324-0424	35.5	mpcb
HE0154-1919	44.7	mpcc	HE0444-5152	40.4	mpcc	HE1207-0505	32.8	mpcc	HE2145-4935	37.2	mpcc	HE2324-2453	42.2	mpcc
HE0154-2944	50.6	mpcc	HE0444-5207	45.2	mpcc	HE1207-1358	36.1	mpcc	HE2145-5034	50.5	mpcc	HE2324-2849	59.2	mpcc
HE0154-3730	45.5	mpcc	HE0444-5407	42.2	mpcc	HE1208-0524	41.6	mpcc	HE2145-5057	48.8	mpcb	HE2324-3920	48.0	mpcc
HE0154-5634	45.3	mpcc	HE0445+0055	47.8	mpcc	HE1208-0551	48.7	mpcc	HE2145-5100	47.7	mpcc	HE2324-5329	41.3	mpcb
HE0155-4917	40.5	mpcc	HE0445+0229	67.7	mpcc	HE1208-0812	38.1	mpcc	HE2146+0149	45.6	mpcc	HE2324-6344	34.7	fhlc
HE0155-5107	59.4	mpcc	HE0445+0233	48.0	mpcc	HE1208-2135	46.5	mpcc	HE2146-0247	34.4	mpcc	HE2325-0529	43.2	mpcc
HE0156-1510	52.9	mpcc	HE0445-0555	55.5	mpcc	HE1209-0148	43.7	mpcc	HE2146-0411	43.3	mpcc	HE2325-1402	44.6	mpcc
HE0156-2918	47.9	mpcc	HE0445-1949	32.7	mpcc	HE1209-0621	43.2	mpcc	HE2146-1901	42.8	mpcc	HE2325-3355	46.9	mpcc
HE0156-5200	37.6	mpcc	HE0445-2015	37.5	fhlc	HE1209-1454	42.4	mpcc	HE2146-2137	39.3	mpcc	HE2325-5348	37.4	mpcc
HE0156-5608	30.7	mpcc	HE0445-2033	43.1	mpcc	HE1209-1533	38.0	mpcc	HE2146-3118	47.4	mpcc	HE2325-6005	60.2	fhlc
HE0157-0113	39.7	mpcc	HE0445-2452	41.9	fhlc	HE1209-1558	57.0	fhlc	HE2146-3403	40.0	mpcc	HE2325-7007	56.8	mpcc
HE0157-4209	39.6	mpcc	HE0445-3452	35.8	mpcc	HE1209-2327	45.8	mpcb	HE2146-3406	38.3	mpcc	HE2326-1136	40.0	mpcc
HE0157-4450	40.3	unid	HE0445-3519	48.9	mpcc	HE1209-2447	44.9	mpcc	HE2146-3625	40.2	mpcc	HE2326-2845	44.0	mpcc
HE0157-5105	35.7	mpcc	HE0445-3930	34.4	mpcb	HE1209-3148	32.7	mpcc	HE2146-5544	48.3	mpcc	HE2326-5239	33.1	mpcc
HE0157-5553	44.4	mpcc	HE0445-4438	41.7	mpcb	HE1210-0531	63.9	fhlc	HE2147+0046	36.5	mpcc	HE2326-5749	44.9	mpcc
HE0157-5814	41.7	mpcc	HE0445-4831	40.6	mpcc	HE1210-2739	33.7	mpcc	HE2147-0003	34.4	mpcc	HE2326-6046	47.2	mpcb
HE0158-1124	44.8	mpcc	HE0445-5119	37.1	mpcc	HE1211-0450	32.2	mpcc	HE2147-0003	37.9	mpcc	HE2326-6137	40.7	mpcb
HE0158-1236	44.3	mpcc	HE0445-5139	31.9	mpcc	HE1211-0450	36.3	mpcc	HE2147-0655	42.7	mpcc	HE2326-6137	42.0	mpca
HE0158-5151	59.1	mpcc	HE0445-5139	69.3	unid	HE1211-0743	46.6	mpcc	HE2147-1404	36.7	mpcc	HE2326-6308	42.4	mpcc
HE0158-5617	43.1	mpcb	HE0445-5248	38.6	mpcc	HE1212+0114	41.5	mpcc	HE2147-2759	35.9	mpcc	HE2327-4816	38.2	mpcc
HE0159+0110	63.2	unid	HE0446-0423	54.5	mpcc	HE1212-0334	40.0	mpcc	HE2147-3307	36.8	mpcc	HE2327-5859	54.3	mpcc
HE0159+0137	38.6	mpcc	HE0446-0519	50.2	mpcc	HE1212-1123	31.5	mpcb	HE2147-4151	43.3	mpcc	HE2327-7604	41.4	mpcc
HE0159+0158	37.4	mpcc	HE0446-1802	38.9	mpcc	HE1212-2019	48.3	mpcc	HE2148+0017	44.3	mpcc	HE2328-0856	44.1	mpcc
HE0159-1051	52.9	mpcc	HE0446-1814	43.6	mpcc	HE1213-0049	43.8	mpcc	HE2148+0145	51.3	mpcc	HE2328-1204	41.8	mpcc
HE0159-1409	54.3	mpcc	HE0446-2432	35.3	mpcc	HE1214-0802	37.6	mpcc	HE2148-0002	60.9	mpcc	HE2328-2		

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0200-2402	37.1	mpcc	HE0446-5052	34.7	mpcc	HE1215-1611	35.0	mpcc	HE2148-3604	39.4	mpcc	HE2329-4221	42.6	mpcc
HE0200-2731	35.2	mpcc	HE0447-1751	44.6	mpcc	HE1216-0036	42.3	mpcc	HE2148-3615	46.4	mpcc	HE2329-6250	41.4	mpcb
HE0200-3809	48.0	mpcc	HE0447-2334	65.1	mpcc	HE1216-0739	41.5	mpcb	HE2148-4909	39.5	mpcc	HE2329-6712	50.6	mpcc
HE0201+0032	44.8	mpcc	HE0447-3021	45.7	mpcc	HE1216-2133	54.0	mpcc	HE2148-5145	43.8	mpcb	HE2329-6818	45.8	unid
HE0201-0625	35.4	mpcc	HE0447-3129	39.7	mpcc	HE1216-2653	49.3	mpcc	HE2148-5338	46.3	mpcb	HE2329-6916	46.7	mpcc
HE0201-1612	42.6	mpcc	HE0447-3334	32.5	mpcc	HE1216-2949	43.5	mpcc	HE2148-5939	56.3	mpcc	HE2329-7620	43.7	mpcc
HE0201-4430	36.5	mpcc	HE0447-4051	45.1	mpcc	HE1217+0134	51.6	mpcc	HE2149-0934	37.2	fhlc	HE2330+0030	48.9	unid
HE0201-4654	41.0	mpcc	HE0448+0024	37.3	mpcc	HE1217-0046	52.6	mpcc	HE2149-1406	45.9	mpcc	HE2330-0939	48.6	mpcc
HE0201-5112	32.6	mpcc	HE0448+0031	30.9	mpcc	HE1217-0414	44.6	mpcc	HE2149-1440	34.8	mpcc	HE2330-1533	50.1	mpcc
HE0201-5458	37.1	mpcc	HE0448-0128	53.4	mpcc	HE1217-0459	64.3	fhlc	HE2149-2601	44.3	mpcc	HE2330-2129	45.8	mpcc
HE0202-0153	40.9	mpcc	HE0448-0841	50.8	mpcc	HE1217-1054	38.3	mpcc	HE2149-2900	44.4	mpcc	HE2330-3044	49.3	mpcc
HE0202-0248	62.0	mpcc	HE0448-2909	36.8	mpcc	HE1217-1054	38.3	mpcc	HE2149-3356	32.9	mpcc	HE2330-3630	45.3	mpcc
HE0202-0250	38.4	fhlc	HE0448-4743	44.5	mpcc	HE1217-1633	56.4	fhlc	HE2149-3708	50.2	mpcc	HE2330-5834	60.3	mpcc
HE0202-0250	38.4	fhlc	HE0448-4751	47.7	mpcc	HE1217-1633	57.1	fhlc	HE2150-1934	48.4	mpcc	HE2330-6410	40.9	mpcb
HE0202-1005	48.6	mpcc	HE0448-5101	33.1	mpcc	HE1217-1910	35.5	mpcb	HE2150-2238	42.8	mpcc	HE2330-7503	54.8	unid
HE0202-1433	55.2	mpcc	HE0448-5107	36.4	mpcc	HE1218-0020	36.3	mpcc	HE2150-2626	39.1	mpcc	HE2331-0832	42.5	mpcc
HE0202-2705	47.0	mpcc	HE0449-0830	47.6	mpcc	HE1218-0524	53.5	mpcc	HE2150-2646	38.0	mpcc	HE2331-1340	41.5	mpcc
HE0202-4544	42.4	mpcc	HE0449-0833	43.7	mpcc	HE1218-0832	35.5	mpcc	HE2150-2659	47.7	mpcb	HE2331-3505	32.0	mpcc
HE0202-5539	37.8	mpcc	HE0449-1507	45.6	mpcc	HE1218-0832	36.5	mpcc	HE2150-3439	55.7	mpcc	HE2331-3951	41.1	mpcc
HE0203+0128	34.1	mpcc	HE0449-1617	31.7	mpcb	HE1218-1144	42.6	mpcc	HE2150-5118	58.2	mpcc	HE2331-6624	42.6	mpcb
HE0203-0226	46.5	mpcc	HE0449-1928	44.3	mpcc	HE1218-2209	45.2	mpcc	HE2150-5521	41.1	mpcc	HE2331-6915	35.3	mpcc
HE0203-0300	59.6	mpcc	HE0449-2738	50.7	mpcc	HE1219+0201	36.8	mpcc	HE2150-6221	33.3	mpcc	HE2331-7512	50.7	mpcc
HE0203-1805	41.5	mpcc	HE0449-2954	36.2	mpcc	HE1219+0201	39.5	mpcc	HE2151+0046	53.2	unid	HE2332-0424	43.8	mpcc
HE0203-3702	58.6	mpcc	HE0449-3340	39.2	mpcc	HE1219-0011	44.0	mpcc	HE2151-0332	41.0	mpcb	HE2332-3119	41.1	mpcc
HE0203-5348	35.9	mpcc	HE0449-3832	46.2	mpcc	HE1219-0707	39.3	mpcc	HE2151-0643	31.4	mpcb	HE2332-7304	42.7	mpcc
HE0203-5910	42.0	mpcc	HE0449-4339	39.8	mpcc	HE1219-1105	41.2	mpcc	HE2151-1126	47.3	mpcc	HE2332-7335	37.3	mpcc
HE0204-0921	41.0	mpcc	HE0449-5718	46.6	unid	HE1219-1245	55.0	mpcc	HE2151-1444	45.8	mpcc	HE2333-0505	37.9	mpcc
HE0204-1222	42.6	fhlc	HE0450+0037	50.8	mpcc	HE1219-2051	49.5	mpcc	HE2151-2432	33.0	fhlc	HE2333-1349	37.3	mpcc
HE0204-1229	33.0	fhlc	HE0450-1624	49.2	mpcc	HE1219-2206	61.7	mpcc	HE2151-2543	35.1	mpcc	HE2333-5607	40.3	mpcc
HE0204-1450	47.9	mpcc	HE0450-1948	35.1	mpcc	HE1219-2756	41.5	mpcb	HE2151-3038	37.5	mpcc	HE2333-5808	35.3	mpcc
HE0204-3001	42.7	mpcc	HE0450-2320	47.9	mpcc	HE1220-0435	58.1	mpcc	HE2151-4416	38.7	mpcc	HE2333-7617	56.4	mpcc
HE0204-4022	45.1	mpcc	HE0450-2702	54.8	mpcc	HE1220-0628	41.2	mpcc	HE2151-4957	48.8	mpcc	HE2333-7712	53.8	unid
HE0204-5314	52.6	fhlc	HE0450-4923	39.7	mpcc	HE1220-1613	42.9	mpcc	HE2151-5116	41.2	mpcc	HE2333-7717	51.0	mpcc
HE0204-5716	37.7	mpcc	HE0450-5631	47.6	mpcc	HE1221+0017	33.3	mpcc	HE2151-6202	46.1	mpcc	HE2334-0455	50.6	fhlc
HE0205+0034	43.1	mpcc	HE0451-3127	30.4	mpcc	HE1221+0146	45.1	unid	HE2152-0022	33.9	mpcc	HE2334-0830	53.3	mpcc
HE0205-0234	36.8	mpcc	HE0451-3255	39.5	mpcc	HE1221-0327	51.7	mpcc	HE2152-0504	38.9	mpcc	HE2334-2851	35.8	fhlc
HE0205-0537	41.3	mpcb	HE0451-3618	41.7	mpcc	HE1221-1814	39.3	mpcc	HE2152-1923	44.7	mpcc	HE2334-3051	40.7	mpcc
HE0205-0708	49.6	mpcc	HE0451-3623	53.6	unid	HE1221-3201	39.7	mpcc	HE2152-2204	50.2	mpcc	HE2334-4149	50.4	mpcc
HE0205-0914	44.5	mpcc	HE0451-4703	49.6	mpcc	HE1222-0553	35.9	mpcc	HE2152-2559	39.7	mpcc	HE2334-5513	52.4	mpcc
HE0205-4135	41.5	unid	HE0452-1740	44.7	mpcc	HE1222-0835	36.3	mpcc	HE2152-4307	55.4	mpcc	HE2334-5535	38.5	mpcc
HE0206-3202	44.4	mpcc	HE0452-2854	43.2	mpcc	HE1222-1536	38.2	mpcc	HE2152-5819	46.7	mpcc	HE2334-5819	40.2	mpcc
HE0206-4709	37.1	mpcb	HE0452-3320	39.9	mpcc	HE1222-1631	31.3	mpcc	HE2153-0220	36.2	mpcc	HE2334-5950	48.5	mpcc
HE0207-0121	56.1	mpcc	HE0452-4129	45.4	mpcc	HE1222-1631	34.1	mpcc	HE2153-0613	58.4	mpcc	HE2334-6603	41.7	mpcc
HE0207-0441	46.7	mpcc	HE0452-4325	40.4	mpcc	HE1223+0246	40.5	mpcb	HE2153-2408	50.9	mpcc	HE2334-7410	50.9	mpcc
HE0207-4335	40.8	mpcb	HE0453-1558	37.6	fhlc	HE1223-0106	39.7	mpcc	HE2153-2550	40.2	mpcc	HE2335+0022	43.0	mpcc
HE0207-5251	41.7	mpcc	HE0453-1735	46.7	mpcc	HE1223-0406	35.3	mpcc	HE2153-3103	37.4	mpcc	HE2335+0149	45.5	mpcc
HE0208-0658	48.2	mpcc	HE0453-2359	40.0	mpcc	HE1223-0540	55.6	fhlc	HE2153-3221	53.8	mpcc	HE2335-0106	48.2	mpcc
HE0208-1054	47.1	mpcc	HE0453-3655	39.2	mpcc	HE1223-0930	45.7	fhlc	HE2153-6200	40.3	mpcc	HE2335-0707	38.2	mpcc
HE0208-1357	51.8	mpcc	HE0453-4619	36.3	mpcc	HE1223-0930	45.8	fhlc	HE2154-2058	35.0	mpcc	HE2335-1413	46.1	mpcc
HE0208-2341	41.1	mpcc	HE0453-4621	38.6	mpcc	HE1223-2309	53.1	mpcc	HE2154-2142	39.1	mpcc	HE2335-2231	43.2	mpcc
HE0208-3100	39.2	mpcc	HE0453-5055	35.7	mpcc	HE1224-0247	41.1	mpcb	HE2154-2229	35.6	fhlc	HE2335-2512	43.0	mpcc
HE0208-4350	59.6	fhlc	HE0454-1524	47.8	mpcc	HE1224-0253	53.3	mpcc	HE2154-2250	50.0	fhlc	HE2335-2517	39.8	mpcc
HE0208-4406	49.0	mpcc	HE0454-1956	35.6	mpcb	HE1224-0407	41.5	mpcc	HE2154-3442	31.1	mpcc	HE2335-3811	44.1	mpcc
HE0208-4429	46.0	mpcc	HE0454-1956	36.9	mpca	HE1224-0723	38.9	mpcc	HE2154-3841	41.7	mpcc	HE2335-6807	37.1	mpcc
HE0209-0239	47.3	mpcc	HE0454-2315	42.4	mpcc	HE1224-0748	38.2	mpcc	HE2154-4015	44.0	unid	HE2335-6947	58.0	mpcc
HE0209-0849	51.4	mpcc	HE0454-2724	33.2	unid	HE1224-1043	33.5	mpcc	HE2154-4344	37.1	mpcc	HE2335-7514	31.6	mpca
HE0209-0851	37.8	mpcb	HE0454-4100	57.5	mpcc	HE1224-1617	37.3	mpcc	HE2154-4929	48.5	mpcc	HE2336-1046	43.0	mpcc
HE0209-0953	58.9	mpcc	HE0455-1650	36.1	fhlc	HE1224-1711	41.4	mpcc	HE2155-0402	65.4	mpcc	HE2336-1501	37.7	mpcc
HE0209-2035	40.3	mpcc	HE0455-1813	37.3	mpcc	HE1224-2846	41.7	mpcc	HE2155-1212	49.2	mpcb	HE2336-1712	60.8	mpcc
HE0209-3344	48.4	mpcc	HE0455-2716	38.6	mpcc	HE1225-0555	68.8	mpcc	HE2155-1408	38.6	mpcc	HE2336-2800	49.9	mpcc
HE0209-3823	33.8	mpcc	HE0455-3035	42.5	mpcc	HE1225-1321	45.2	mpcc	HE2155-1646	39.2	mpcc	HE2336-3431	62.6	mpcc
HE0209-4225	55.9	mpcc	HE0455-3048	40.9	mpcc	HE1225-2116	35.4	mpcc	HE2155-2019	46.5	mpcc	HE2336-3538	48.4	mpcc
HE0210-0544	32.7	mpcc	HE0455-4419	34.3	mpcc	HE1225-2138	55.9	mpcc	HE2155-3109	32.6	mpcc	HE2336-3556	39.0	unid
HE0210-1122	37.2	mpcc	HE0455-4735	33.1	mpcc	HE1226-1624	57.7	mpcc	HE2155-3119	43.0	mpcc	HE2336-4844	59.1	mpcc
HE0210-3221	40.7	mpcc	HE0456-1802	46.0	mpcc	HE1226-2018	41.4	mpcc	HE2155-3750	48.8	fhlc	HE2336-5944	41.3	mpcb
HE0211-0356	41.0	mpcc	HE0456-4529	31.1	mpcc	HE1226-2559	43.1	fhlc	HE2155-4949	40.7	mpcc	HE2336-6632	39.2	mpcb
HE0211-0406	40.7	mpcc	HE0456-4651	50.1	mpcc	HE1226-2846	40.9	mpcc	HE2155-5019	40.5	mpcc	HE2336-6643	38.9	mpcc
HE0211-2736	40.3	mpcc	HE0456-5616	35.3	mpcb	HE1227-0925	37.4	mpcc	HE2155-5353	44.8	mpcc	HE2336-7155	33.0	mpcb
HE0211-3520	36.5	fhlc	HE0456-5630	43.8	mpcb	HE1227-1140	40.6	mpcc	HE2155-5858	46.9	mpcc	HE2337-0617	48.6	mpcc
HE0211-5511	31.5	mpcc	HE0457-1317	41.1	mpcc	HE1228-0601	32.0	mpcc	HE2156-0549	39.2	mpcc	HE2337-1218	43.4	mpcc
HE0211-5511	35.1	mpcb	HE0457-1321	39.4	unid	HE1228-0750	30.3	mpcb	HE2156-0930	45.9	mpcc	HE2337-1955	51.8	mpcc
HE0211-5526	53.6	unid	HE0457-1321	39.6	mpcc	HE1228-1205	41.0	mpcb	HE2156-0934	45.6	mpcc	HE2337-2735	43.4	mpcc
HE0212+0053	40.1	mpcc	HE0457-1447	40.6	fhlc	HE1228-1438	42.6	mpcb	HE2156-0934	47.3	mpcc	HE2337-3120	45.0	mpcc
HE0212-1957	58.2	mpcb	HE0457-2535	44.1	mpcb	HE1228-1551	45.9	mpcc	HE2156-4252	35.1	mpcc	HE2337-3626	44.9	mpcc
HE0212-2959	31.2	mpcc	HE0457-2715	39.3	mpcc	HE1228-1706	42.0	mpcc	HE2156-5916	42.1	mpcc	HE2337-5513	40.3	mpcc
HE0212-2959	31.8	mpcc	HE0457-4453	49.8	mpcb	HE1229+0027	34.6	mpcb	HE2156-6001	39.8	mpcc	HE2337-5		

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0213-5404	39.6	mpcc	HE0458-4820	39.3	mpcb	HE1231-0116	55.8	mpcc	HE2157-4504	39.4	mpcc	HE2338-2027	39.9	mpcc
HE0213-5707	32.4	mpcc	HE0458-5306	45.8	unid	HE1231-1616	43.9	mpcc	HE2157-5939	42.6	mpcc	HE2338-2056	37.8	mpcc
HE0213-6140	47.7	mpcc	HE0459-1509	40.8	mpca	HE1231-2606	42.5	mpcc	HE2158-1652	34.8	mpcc	HE2338-2318	47.8	mpcb
HE0214-0013	47.2	mpcc	HE0459-1647	47.1	mpcc	HE1231-2711	36.9	mpcc	HE2158-1856	40.5	mpcc	HE2338-2908	33.4	mpcc
HE0214-0343	42.4	mpcc	HE0459-1828	37.3	mpcc	HE1231-3136	30.3	mpcb	HE2158-2421	39.6	mpcc	HE2338-3327	39.8	mpcc
HE0214-0818	32.9	mpcb	HE0459-2051	42.1	mpcc	HE1232-0337	55.6	mpcc	HE2158-2643	37.2	mpcc	HE2338-3739	33.5	mpcc
HE0214-1116	51.7	unid	HE0459-3724	39.9	mpcc	HE1232-1033	56.3	mpcc	HE2158-3531	44.1	mpcc	HE2338-5336	48.3	mpcc
HE0214-2326	61.9	mpcc	HE0459-3850	37.7	mpcc	HE1232-3047	44.3	mpcc	HE2158-4046	35.2	mpcc	HE2338-5622	46.3	mpcc
HE0214-2830	35.8	mpcc	HE0459-4237	44.8	mpcc	HE1233+0133	40.6	mpcc	HE2158-4738	31.3	mpcc	HE2338-6141	34.5	mpcc
HE0214-5145	37.2	mpcb	HE0459-4822	47.3	mpcc	HE1233-0936	50.7	mpcc	HE2158-5041	46.1	mpcc	HE2338-6320	34.7	fhlc
HE0215-1648	35.7	mpcc	HE0459-5650	37.6	mpcc	HE1234-0054	45.0	mpcc	HE2158-5731	50.7	fhlc	HE2338-6611	39.3	mpcc
HE0215-1818	44.4	mpcc	HE0500-2750	42.5	mpcc	HE1234-0309	33.0	mpcc	HE2159+0028	38.5	mpcc	HE2338-6737	32.9	mpcb
HE0215-5426	46.7	mpcc	HE0500-4026	51.3	mpcc	HE1234-0821	41.5	mpcc	HE2159+0028	43.2	mpcc	HE2339-0232	39.3	mpcc
HE0216-0453	40.6	mpcc	HE0500-4738	34.3	mpcc	HE1234-1345	48.4	mpcc	HE2159-0207	50.5	mpcc	HE2339-2451	48.8	mpcc
HE0216-1204	37.6	mpcc	HE0500-5603	35.6	mpcc	HE1234-1703	59.2	fhlc	HE2159-1235	37.1	mpcc	HE2339-3011	34.7	fhlc
HE0216-1824	43.3	mpcc	HE0501-1643	48.8	mpcc	HE1234-2304	50.0	mpcc	HE2159-1832	35.9	mpcc	HE2339-3236	30.6	fhlc
HE0216-4905	37.1	mpcc	HE0501-2303	33.9	mpcc	HE1234-2400	39.3	mpcc	HE2159-1953	46.7	mpcc	HE2339-3813	52.7	mpcc
HE0217-1333	43.2	mpcc	HE0501-2453	31.3	mpcb	HE1235-0131	45.4	mpcc	HE2159-2247	39.6	fhlc	HE2339-3956	37.6	mpcc
HE0217-2124	40.0	mpcc	HE0501-3112	45.2	mpcc	HE1235-0645	52.3	mpcc	HE2159-2656	37.7	mpcc	HE2339-4240	56.4	fhlc
HE0217-2248	49.4	mpcc	HE0501-4000	36.6	mpcc	HE1235-1513	35.1	mpcc	HE2159-3552	42.9	mpcc	HE2339-5452	51.5	mpcc
HE0217-2847	34.9	mpcc	HE0501-4723	38.6	mpcc	HE1235-1602	47.4	mpcc	HE2159-3552	48.1	mpcc	HE2339-5640	43.9	mpcc
HE0217-2910	37.7	mpcc	HE0501-4845	39.2	mpcc	HE1236-0159	35.7	mpcc	HE2159-3711	35.0	mpcc	HE2339-6040	38.8	mpcc
HE0217-3356	41.0	mpcc	HE0501-5000	37.1	unid	HE1236-0552	44.9	mpcc	HE2159-4908	46.2	mpcc	HE2339-6340	47.5	mpcc
HE0217-5157	48.5	mpcc	HE0502-1542	37.5	fhlc	HE1236-0623	31.2	mpcc	HE2159-5215	47.4	mpcc	HE2339-6546	42.8	mpcc
HE0218-0017	52.4	mpcc	HE0502-3021	31.3	mpcc	HE1236-0827	52.2	mpcc	HE2200-0123	44.9	mpcc	HE2339-7708	44.8	mpcb
HE0218-1708	40.7	mpcc	HE0502-3527	57.1	mpcc	HE1236-1033	47.4	mpcc	HE2200-1146	32.3	mpcb	HE2340+0023	56.8	mpcc
HE0218-1833	39.0	mpcc	HE0502-3812	40.7	mpcc	HE1236-1532	34.7	mpcc	HE2200-1355	41.2	mpcc	HE2340-1946	49.3	mpcb
HE0218-1957	41.5	mpcc	HE0502-5014	39.8	mpcc	HE1236-1753	38.0	mpcc	HE2200-1957	35.8	mpcc	HE2340-1950	44.2	mpcc
HE0218-2338	36.8	mpcc	HE0503-1247	57.7	mpcc	HE1237+0043	50.0	fhlc	HE2200-1957	36.6	mpcc	HE2340-3604	36.6	mpcc
HE0218-2748	46.3	mpcc	HE0503-1856	34.8	fhlc	HE1237-0329	38.6	mpcc	HE2200-2620	39.5	mpcc	HE2340-3851	40.5	mpcc
HE0218-5424	52.5	mpcc	HE0503-1957	32.8	mpcc	HE1237-0424	50.3	mpcc	HE2200-3520	32.3	mpcc	HE2340-4344	36.9	mpcc
HE0219-0113	39.1	mpcc	HE0503-2105	37.4	fhlc	HE1237-0939	56.9	mpcc	HE2200-5321	47.4	unid	HE2340-4736	47.2	mpcc
HE0219-0239	39.0	mpcc	HE0503-2751	41.9	mpcc	HE1237-1358	32.0	mpcc	HE2200-5327	58.5	mpcc	HE2340-5942	35.4	mpcb
HE0219-0239	44.1	mpcc	HE0503-3011	41.4	mpcc	HE1237-2151	36.2	mpcc	HE2201-0600	41.3	mpcb	HE2340-6249	54.4	mpcc
HE0219-0248	46.8	mpcc	HE0503-3320	42.1	mpcc	HE1238-3136	59.1	mpcc	HE2201-0736	43.8	mpcc	HE2340-6306	52.8	mpcc
HE0219-2747	38.2	mpcb	HE0503-5351	46.3	mpcb	HE1238-3156	45.4	mpcc	HE2201-1108	39.3	mpcb	HE2340-6346	46.4	mpcb
HE0219-3611	32.7	mpcc	HE0504-1618	31.0	mpcc	HE1239-0502	39.8	mpcc	HE2201-1930	45.6	mpcc	HE2340-7506	38.4	mpcc
HE0219-5416	47.5	mpcc	HE0504-2033	41.8	mpcc	HE1239-0634	47.4	mpcc	HE2201-2545	32.3	mpcc	HE2341+0113	53.7	mpcc
HE0220-0229	45.1	mpcc	HE0504-2136	41.2	mpcc	HE1239-1131	46.9	mpcc	HE2201-2905	44.8	mpcb	HE2341-0025	36.9	mpcc
HE0220-0245	42.7	mpcc	HE0504-2314	44.3	mpcc	HE1239-1354	71.9	mpcc	HE2201-3654	36.7	mpcb	HE2341-0253	44.2	mpcc
HE0220-1005	43.9	unid	HE0504-3311	51.3	mpcc	HE1239-2109	48.4	mpcc	HE2201-4941	39.4	mpcc	HE2341-1457	44.4	mpcc
HE0220-3846	42.1	unid	HE0504-3717	39.6	mpcc	HE1239-2251	45.3	mpcc	HE2201-5112	40.8	mpcc	HE2341-6156	36.8	mpcc
HE0220-4005	52.0	mpcc	HE0504-3845	38.6	mpcb	HE1239-2730	57.3	mpcc	HE2201-5356	45.1	mpcc	HE2341-6241	51.1	mpcc
HE0221-0931	44.1	mpcc	HE0504-3905	38.9	mpcc	HE1240+0032	38.6	mpcc	HE2201-6201	42.5	mpcc	HE2341-6928	56.1	unid
HE0221-1500	50.3	mpca	HE0504-4426	37.1	mpcc	HE1240-0111	31.1	mpcc	HE2202-0320	30.4	mpcb	HE2342-0435	49.1	mpcc
HE0221-1805	36.7	mpcc	HE0505-2333	33.0	mpcc	HE1240-1346	40.3	mpcc	HE2202-2022	41.4	mpcc	HE2342-0830	56.3	mpcc
HE0221-2804	32.7	mpcc	HE0505-2609	40.4	mpcc	HE1240-2155	32.6	mpcc	HE2202-3530	40.5	mpcc	HE2342-1337	57.8	mpcc
HE0221-2804	33.4	mpcc	HE0505-3949	40.1	mpcc	HE1240-2214	40.4	mpcc	HE2202-4210	34.0	mpcc	HE2342-1508	54.1	mpcc
HE0221-4753	50.0	mpcb	HE0505-3949	42.1	mpcb	HE1240-2426	38.5	mpcc	HE2203-0709	46.6	mpcc	HE2342-3009	36.3	mpcc
HE0222-1604	40.3	mpcc	HE0505-4503	38.6	mpcc	HE1240-2625	45.0	mpcc	HE2203-1943	46.1	mpcc	HE2342-4448	52.8	mpcc
HE0222-2745	46.6	mpcc	HE0505-4729	45.0	mpcc	HE1240-3045	38.0	mpcc	HE2203-2252	44.3	mpcc	HE2342-6023	51.4	mpcc
HE0222-2931	41.6	mpcc	HE0505-4957	42.6	mpcc	HE1241-0020	32.5	mpcc	HE2203-2938	44.7	unid	HE2343-1452	52.8	mpcc
HE0222-3132	42.7	mpcc	HE0505-5530	33.5	mpcc	HE1241-0330	49.2	mpcc	HE2203-3101	55.5	mpcc	HE2343-4017	35.8	mpcc
HE0222-3634	35.5	mpcc	HE0506-3046	52.5	mpcc	HE1241-0942	48.8	mpcc	HE2203-3713	54.8	mpcc	HE2343-6121	53.7	mpcc
HE0222-4505	50.0	unid	HE0506-3436	38.6	mpcc	HE1241-1322	45.4	mpcc	HE2203-4206	30.3	mpcc	HE2343-6646	49.3	mpcc
HE0222-5150	54.0	mpcc	HE0506-3709	38.4	mpcc	HE1241-2029	40.1	mpcc	HE2203-4618	38.7	unid	HE2343-7040	36.2	mpcb
HE0222-5616	55.1	mpcc	HE0506-3804	50.0	mpcc	HE1241-2032	38.4	mpcc	HE2203-4800	42.3	mpcc	HE2344-1755	48.0	mpcc
HE0223-1012	41.7	mpcc	HE0506-4523	43.3	mpcc	HE1241-2152	49.4	mpcc	HE2203-5923	45.8	mpcc	HE2344-3050	50.8	mpcc
HE0223-1256	53.5	mpcc	HE0506-4726	36.1	mpcc	HE1241-3101	35.8	mpcc	HE2204-0423	46.5	mpcc	HE2344-3311	56.0	mpcc
HE0223-2804	40.8	mpcc	HE0506-5355	39.5	mpcc	HE1242+0001	56.7	mpcc	HE2204-0649	49.8	mpcc	HE2344-3948	37.6	mpcc
HE0223-3345	37.2	mpcc	HE0507-2019	50.3	mpcc	HE1242-0711	34.1	mpcc	HE2204-0956	44.1	mpcb	HE2344-4546	45.1	mpcc
HE0223-4149	45.1	mpcc	HE0507-2121	52.3	mpcc	HE1242-0836	47.7	mpcc	HE2204-1655	44.3	mpcc	HE2344-4630	42.1	mpcc
HE0223-4150	51.2	mpcc	HE0507-3539	33.8	mpcc	HE1242-1319	52.0	mpcc	HE2204-2419	49.8	mpcc	HE2344-5756	58.4	mpcc
HE0223-4203	41.1	mpcc	HE0507-3852	46.1	mpcc	HE1242-2418	39.4	mpcc	HE2204-2745	49.9	mpcc	HE2344-6039	46.6	mpcc
HE0223-5608	49.7	mpcc	HE0507-4050	39.0	mpcc	HE1243-0644	51.7	mpcc	HE2204-3453	36.2	mpcc	HE2344-6330	55.5	mpcc
HE0224+0139	52.7	unid	HE0507-4213	72.8	unid	HE1243-2750	45.1	mpcb	HE2204-3728	44.6	mpcc	HE2344-6408	34.8	mpcb
HE0224-1026	51.4	mpcc	HE0507-4631	52.2	mpcc	HE1244-1833	41.9	mpcc	HE2204-3745	40.2	mpcc	HE2345-3107	37.3	mpcc
HE0224-1236	44.6	mpcc	HE0507-5138	35.8	mpcc	HE1244-1907	36.0	mpcc	HE2204-5112	41.2	mpcc	HE2345-3804	36.3	unid
HE0224-1853	52.0	mpcc	HE0508-2146	40.5	mpcc	HE1244-2046	51.6	mpcc	HE2204-6918	36.6	mpcb	HE2345-3819	49.2	mpcc
HE0224-3253	40.3	mpcc	HE0508-2211	39.8	mpcc	HE1244-2858	49.7	mpcc	HE2205-0017	48.4	mpcb	HE2345-6855	36.0	mpcb
HE0224-3616	31.5	mpcc	HE0508-2450	36.2	mpcc	HE1244-2903	52.7	mpcc	HE2205-1337	32.3	mpcb	HE2345-6937	56.0	mpcc
HE0224-4206	33.6	mpcc	HE0508-2903	56.5	fhlc	HE1245-0931	40.7	mpcc	HE2205-1649	47.3	mpcc	HE2345-7144	39.1	unid
HE0224-4924	47.6	mpcb	HE0508-2930	45.6	mpcc	HE1245-1335	37.4	mpcb	HE2205-1731	41.8	mpcb	HE2346-0310	57.9	mpcc
HE0225-2136	49.2	mpcc	HE0508-3503	38.5	mpcc	HE1245-1338	41.5	mpcc	HE2205-1944	36.0	mpcc	HE2346-0611	52.8	mpcc
HE0225-3110	41.4	mpcc	HE0508-4024	65.0	mpcc	HE1245-1345	34.4	mpcc	HE2205-3017	39.7	mpcc	HE2346-3013	33.6	fhlc
HE0225-3527	49.7	mpcc	HE0508-5342	41.3	mpcc	HE1245-2151	47.7	mpcc	HE2205-3506	39.9	mpcc	HE2346-3		

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0227-1008	45.3	mpcc	HE0509-2210	43.7	mpcb	HE1247-0629	47.6	mpcb	HE2206-1659	49.3	mpcc	HE2347-1156	35.4	mpcc
HE0227-1130	51.5	mpcc	HE0509-3619	38.0	mpcc	HE1247-1944	43.8	mpcc	HE2206-2333	48.9	mpcc	HE2347-3040	32.6	mpcc
HE0227-1805	44.4	mpcc	HE0509-3841	45.2	mpcc	HE1247-3201	38.2	mpcc	HE2206-2556	40.5	mpcc	HE2347-3741	43.3	mpcb
HE0227-1805	45.0	mpcc	HE0509-4255	41.6	mpcc	HE1248-1116	48.5	mpcc	HE2206-2732	33.8	mpcc	HE2347-4449	49.8	mpcc
HE0227-3021	52.7	mpcc	HE0509-5053	32.7	mpcb	HE1248-2845	35.3	mpcc	HE2206-2847	40.6	mpcc	HE2347-4828	36.8	mpcc
HE0227-3705	36.9	mpcc	HE0510-2227	61.0	mpcc	HE1249-1310	43.3	mpcc	HE2206-2914	35.3	mpcc	HE2347-6839	42.7	mpcc
HE0227-3827	41.7	mpcc	HE0510-3037	45.5	mpcc	HE1249-1449	48.2	mpcc	HE2206-2947	32.1	mpcc	HE2348-2947	33.3	mpcc
HE0227-4126	47.1	mpcc	HE0510-3428	41.3	mpcc	HE1249-2157	35.0	mpcc	HE2207-0912	36.8	mpcc	HE2348-3140	39.2	mpcc
HE0228-0635	40.2	mpcc	HE0510-3709	35.9	mpcc	HE1249-2459	57.5	mpcc	HE2207-1140	44.8	mpcc	HE2348-3210	44.2	mpcc
HE0228-1809	36.4	fhlc	HE0510-3948	36.7	mpcc	HE1250+0033	39.6	mpcb	HE2207-1418	47.3	mpcc	HE2348-3333	42.6	mpcb
HE0228-3524	47.3	unid	HE0510-5250	66.5	mpcc	HE1250-0231	34.6	mpcc	HE2207-1926	33.1	mpcc	HE2348-3854	41.5	mpcc
HE0228-3540	48.1	mpcc	HE0510-5433	47.1	mpcc	HE1250-2957	34.4	mpcb	HE2207-2050	41.8	mpcc	HE2348-4548	35.1	mpcc
HE0228-4357	47.3	mpcc	HE0511-1941	46.2	mpcc	HE1251-0739	38.4	mpcc	HE2207-2054	49.5	mpcc	HE2348-4747	32.9	mpcc
HE0228-5045	46.1	mpcc	HE0511-2451	41.4	mpcc	HE1251-1654	41.6	mpcc	HE2207-2403	52.5	mpcb	HE2348-5644	40.4	mpcc
HE0229-0300	47.6	mpcc	HE0511-3411	33.1	mpcc	HE1251-2028	36.0	mpcc	HE2207-2448	42.1	fhlc	HE2348-6456	41.0	mpcc
HE0229-3226	32.6	mpcc	HE0511-3449	42.2	mpcc	HE1252-0805	41.4	mpcc	HE2207-2530	50.0	mpcc	HE2348-6458	53.2	fhlc
HE0229-3522	47.3	mpcc	HE0511-4207	33.0	mpcc	HE1252-1234	38.6	mpcc	HE2207-2826	33.4	mpcc	HE2348-6514	37.9	mpcc
HE0229-3654	46.8	mpcb	HE0511-4445	38.8	mpcc	HE1252-1918	33.5	mpcc	HE2207-3032	45.5	mpcc	HE2348-6904	41.7	mpcc
HE0229-4622	36.3	fhlc	HE0511-4645	37.9	mpcb	HE1252-1958	44.2	mpcc	HE2207-3342	55.2	mpcc	HE2348-7040	38.8	mpcc
HE0229-5920	68.1	mpcc	HE0511-4715	40.8	mpcb	HE1252-2253	48.5	mpcc	HE2207-3857	43.8	mpcc	HE2349+0056	49.6	mpcc
HE0230-0833	54.5	mpcc	HE0511-4829	31.6	mpcc	HE1252-2601	38.1	mpcc	HE2207-4202	42.7	mpcc	HE2349-0246	38.9	mpcc
HE0230-1136	36.3	mpcc	HE0512-2001	49.6	mpcc	HE1252-3122	37.6	mpcb	HE2207-4338	46.8	mpcc	HE2349-1446	41.8	mpcc
HE0230-1959	56.1	mpcc	HE0512-3333	43.2	mpcc	HE1253-0136	39.7	mpcc	HE2207-4605	48.3	unid	HE2349-1446	44.2	mpcc
HE0230-3421	41.4	mpcc	HE0512-4844	40.6	mpcc	HE1253-1042	44.5	mpcc	HE2207-4847	58.4	mpcc	HE2349-2258	48.4	mpcc
HE0230-3607	34.7	mpcc	HE0512-5051	49.7	mpcc	HE1253-1110	50.8	mpcc	HE2207-4859	46.5	mpcc	HE2349-2749	48.3	mpcc
HE0230-5048	44.5	mpcc	HE0512-5511	49.9	mpcc	HE1253-1237	31.8	mpcc	HE2207-5739	43.9	mpcc	HE2349-3937	48.9	mpcc
HE0230-5428	40.3	mpcc	HE0513-2150	37.9	mpcc	HE1254+0151	42.5	mpcc	HE2207-5916	45.3	mpcc	HE2349-5109	43.5	mpcc
HE0231+0152	43.0	mpcc	HE0513-4758	54.0	mpcc	HE1254-0514	39.5	mpcc	HE2208-0907	35.2	mpcb	HE2349-5451	38.2	mpcc
HE0231-0951	40.1	mpcc	HE0513-4924	55.1	mpcc	HE1254-1001	40.5	mpcc	HE2208-1541	37.2	mpcc	HE2349-6452	55.4	mpcc
HE0231-1823	44.1	mpcc	HE0513-5454	49.2	mpcc	HE1254-1347	38.4	mpcc	HE2208-1915	31.3	mpcc	HE2349-7147	39.2	mpca
HE0231-3325	31.0	mpcc	HE0513-5522	46.9	mpcb	HE1254-1952	36.9	mpcc	HE2208-2711	59.4	mpcc	HE2350+0001	41.8	mpcc
HE0231-3345	42.9	fhlc	HE0514-1905	43.5	mpcc	HE1254-2528	39.0	mpcc	HE2208-3011	36.0	mpcc	HE2350-0443	43.6	mpcc
HE0231-4611	43.7	mpcc	HE0514-1924	38.5	mpcc	HE1254-2724	37.7	fhlc	HE2208-3040	46.6	mpcc	HE2350-2451	45.8	mpcc
HE0231-5106	56.9	mpcc	HE0514-3501	42.0	mpcc	HE1254-2836	39.0	mpcc	HE2208-3511	31.3	mpcb	HE2350-3704	43.6	mpcb
HE0232-0039	59.9	mpcc	HE0514-3722	44.4	mpcc	HE1255-1004	31.3	mpcc	HE2208-4152	62.9	mpcc	HE2350-4508	40.8	unid
HE0232-2151	37.5	mpcc	HE0514-3956	33.7	mpcc	HE1255-2121	41.2	mpcc	HE2208-4724	71.3	mpcb	HE2350-4920	51.6	mpcc
HE0232-3527	44.5	mpcc	HE0514-4615	34.2	mpcc	HE1255-2734	36.8	mpcc	HE2208-5539	38.7	mpcc	HE2350-7658	45.3	mpcc
HE0232-5310	40.6	mpcc	HE0514-5328	46.1	mpcc	HE1255-3119	32.3	mpcc	HE2209-1212	39.8	mpcb	HE2350-7715	37.7	mpcc
HE0233+0155	35.6	mpcc	HE0514-5449	31.0	mpcb	HE1256-2000	51.8	fhlc	HE2209-1337	33.6	mpcb	HE2350-7716	32.1	mpcb
HE0233-1514	52.2	mpcc	HE0514-5631	48.1	mpcc	HE1256-2000	52.4	fhlc	HE2209-1407	31.0	mpcc	HE2351-1406	44.9	mpcc
HE0233-1552	40.3	mpcc	HE0515-1804	36.2	fhlc	HE1257-0501	52.3	mpcc	HE2209-1444	34.4	mpcb	HE2351-1425	41.4	mpcc
HE0233-1747	46.9	mpcc	HE0515-1804	38.3	fhlc	HE1257-1529	47.9	mpcc	HE2209-1504	42.3	mpcc	HE2351-1920	65.2	mpcc
HE0234-0045	44.9	mpcc	HE0515-2112	49.9	mpcc	HE1258-0055	43.5	mpcc	HE2209-1942	33.8	mpcc	HE2351-2801	41.1	mpcc
HE0234-0450	41.1	unid	HE0515-3358	31.6	fhlc	HE1258-0754	49.2	unid	HE2209-1957	43.7	mpcc	HE2351-2949	36.3	mpcc
HE0234-1328	50.3	mpcc	HE0515-3830	55.1	mpcc	HE1259-0059	45.4	mpcc	HE2209-2615	43.8	mpcc	HE2351-3515	46.9	unid
HE0234-3256	55.9	mpcc	HE0515-4109	52.0	mpcc	HE1259-0224	51.4	mpcc	HE2209-3617	40.1	mpcc	HE2351-3648	46.7	mpcc
HE0234-3909	44.3	mpcc	HE0515-4719	41.2	mpcc	HE1259-0637	42.0	mpcc	HE2209-3835	43.4	mpcc	HE2351-4059	53.7	mpcc
HE0234-4405	34.1	mpcc	HE0515-4738	44.0	mpcc	HE1259-1131	51.4	mpcc	HE2209-4203	43.4	mpcc	HE2351-4312	37.1	mpcb
HE0234-5007	41.3	mpcc	HE0515-5236	56.7	fhlc	HE1259-1304	36.9	mpcc	HE2209-4703	46.1	mpcc	HE2351-4403	51.8	mpcc
HE0235-0923	47.9	mpcc	HE0516-2133	38.4	mpcc	HE1259-1819	37.0	mpcc	HE2209-7141	52.4	mpcc	HE2351-5534	31.4	mpcc
HE0235-1107	43.8	mpcc	HE0516-3603	44.9	mpcc	HE1259-2100	37.3	mpcc	HE2210-0739	39.6	mpcc	HE2351-6703	46.3	mpcc
HE0235-1720	52.1	mpcc	HE0516-3922	42.7	mpcb	HE1259-2810	38.0	mpcc	HE2210-1031	35.1	mpcb	HE2351-6932	42.2	mpcc
HE0235-2959	34.9	mpcc	HE0516-4102	37.2	mpcc	HE1300+0011	53.8	mpcc	HE2210-3058	64.4	fhlc	HE2351-6950	36.5	mpcb
HE0235-4158	60.3	fhlc	HE0516-5215	45.9	mpcc	HE1300+0011	54.7	mpcc	HE2210-3610	31.8	mpcc	HE2352-0054	31.2	mpcb
HE0235-4513	41.1	mpcc	HE0516-5649	56.6	mpcc	HE1300-0044	39.3	mpcc	HE2210-5828	34.0	mpcc	HE2352-0110	33.9	mpcb
HE0235-5914	46.9	fhlc	HE0517-2010	49.7	mpcc	HE1300-0105	42.5	mpcc	HE2210-6148	41.3	fhlc	HE2352-1824	45.0	mpcc
HE0235-6105	36.0	mpcc	HE0517-2626	43.3	mpcc	HE1300-1454	42.2	mpcc	HE2210-6227	39.7	mpcc	HE2352-3012	52.8	mpcc
HE0236-1716	37.1	mpcc	HE0517-3913	45.5	mpcc	HE1300-1854	44.7	mpcc	HE2211-0547	47.8	mpcc	HE2352-3755	38.2	mpcc
HE0236-4218	39.2	mpcc	HE0517-4507	51.2	mpcc	HE1300-1935	42.2	mpcc	HE2211-0639	47.0	mpcc	HE2352-4411	45.0	mpcc
HE0237-1801	36.4	mpcc	HE0517-5156	43.9	mpcc	HE1301+0014	34.0	mpcc	HE2211-1218	43.3	mpcc	HE2352-5632	39.1	fhlc
HE0237-2117	45.4	mpcc	HE0517-5726	38.9	mpcc	HE1301+0119	41.8	mpcb	HE2211-1806	57.6	fhlc	HE2352-5632	42.7	fhlc
HE0237-3034	38.1	mpcc	HE0518-1810	39.5	mpcc	HE1301-0636	55.1	mpcc	HE2211-1945	49.5	mpcc	HE2352-5700	46.3	mpcc
HE0237-3553	35.4	mpcc	HE0518-3348	38.2	mpcc	HE1301-0638	41.9	mpcc	HE2211-3003	47.3	mpcb	HE2352-6617	33.2	mpcc
HE0238-0514	37.0	mpcc	HE0518-3348	50.1	mpcc	HE1301-1405	34.2	mpcc	HE2211-3505	38.8	mpcc	HE2353-1748	33.6	mpcc
HE0238-0939	35.3	mpcb	HE0518-3941	30.9	mpcc	HE1302-0954	32.8	mpcb	HE2211-3533	36.1	mpcc	HE2353-2851	37.9	fhlc
HE0238-1803	46.4	mpcc	HE0518-4328	41.8	mpcc	HE1302-1926	50.2	mpcc	HE2211-3836	43.4	mpcb	HE2353-2940	58.3	mpcc
HE0238-2129	38.0	mpcc	HE0518-4637	43.1	mpcc	HE1302-3011	40.3	mpcb	HE2211-4352	41.8	mpcc	HE2353-3735	37.3	mpcc
HE0238-3542	38.9	mpcc	HE0518-4947	39.2	mpcc	HE1303-0130	39.8	fhlc	HE2211-4809	59.7	mpcc	HE2353-5329	33.0	mpcc
HE0238-4201	33.9	mpcb	HE0519-3501	44.7	mpcb	HE1303-0319	41.8	mpcc	HE2211-4850	52.5	mpcc	HE2353-5647	50.9	mpcc
HE0239-0035	43.9	mpcc	HE0519-5005	44.5	mpcc	HE1303-2009	44.5	mpcc	HE2211-5022	64.7	mpcc	HE2353-5711	32.3	mpcc
HE0239-0947	36.3	mpcc	HE0519-5303	53.3	mpcb	HE1303-2221	38.1	mpcc	HE2211-5041	31.2	mpcc	HE2354-0525	44.9	mpcc
HE0239-0948	56.7	mpcc	HE0519-5305	31.9	mpcc	HE1303-2301	47.0	mpcc	HE2211-5100	36.7	mpcb	HE2354-2324	36.2	fhlc
HE0239-1338	49.7	mpcc	HE0519-5726	38.1	mpcc	HE1304-0918	37.6	fhlc	HE2211-5508	36.2	mpcb	HE2354-2858	35.9	fhlc
HE0239-1641	40.8	mpcc	HE0520-3239	44.1	mpcc	HE1304-1218	61.1	mpcc	HE2211-5857	41.1	fhlc	HE2354-3104	38.2	fhlc
HE0239-2901	45.2	mpcc	HE0520-3922	41.8	mpcc	HE1304-3103	44.2	mpcb	HE2211-5958	42.8	mpcc	HE2354-3859	42.5	mpcc
HE0239-3536	36.2	mpcc	HE0521-1839	40.6	mpcc	HE1304-3215	41.8	fhlc	HE2211-5958	49.1	mpcc	HE2354-3859		

Tabela C.1 (Continuação)

Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe	Nome	GPE	Classe
HE0241-0719	33.3	mpcc	HE0522-5716	41.1	mpcc	HE1307-0146	41.4	mpcc	HE2212-4803	57.4	mpcc	HE2355-3923	43.4	mpcc
HE0241-1927	60.5	mpcc	HE0523-2014	37.9	mpcc	HE1307-0529	55.9	mpcc	HE2212-5819	40.4	mpcc	HE2355-3957	34.4	mpcc
HE0241-3333	35.8	mpcc	HE0523-4639	45.1	mpcc	HE1307-2509	41.7	mpcc	HE2212-6821	30.8	mpcb	HE2355-4007	37.7	mpcc
HE0241-3828	52.9	mpcc	HE0523-5019	52.1	mpcc	HE1307-2906	36.8	mpcc	HE2213-1145	38.6	mpcb	HE2355-4928	48.3	mpcc
HE0241-4105	45.7	fhlc	HE0524-2024	40.2	mpcc	HE1308-0124	44.2	mpcc	HE2213-1157	42.9	mpcb	HE2355-5255	43.6	mpcc
HE0241-4847	38.4	mpcc	HE0524-4106	44.6	mpcb	HE1308-2206	37.3	mpcc	HE2213-1840	34.3	fhlc	HE2355-6644	48.8	mpcc
HE0242-0849	42.8	mpcc	HE0524-4134	45.2	unid	HE1308-2657	39.8	unid	HE2213-2117	32.0	mpcc	HE2356-1603	51.5	mpcc
HE0242-1733	31.8	mpcc	HE0524-4438	48.0	mpcc	HE1309-0258	45.5	mpcc	HE2213-2227	33.0	mpcc	HE2356-1759	50.1	mpcc
HE0242-4206	37.9	mpcc	HE0524-5036	42.2	mpcc	HE1309-1447	48.4	mpcc	HE2213-2351	45.6	mpcc	HE2356-2206	49.3	mpcc
HE0243+0129	39.5	mpcc	HE0525-5332	38.9	mpcc	HE1309-1739	33.8	mpcc	HE2213-3026	41.3	mpcc	HE2356-2847	35.2	mpcc
HE0243-1850	49.9	mpcc	HE0525-5620	53.7	mpcc	HE1309-1837	47.1	mpcc	HE2213-3058	61.1	mpcc	HE2356-2847	35.5	mpcc
HE0243-2741	36.6	mpcc	HE0526-3917	39.6	mpcc	HE1309-2210	46.1	mpcc	HE2213-3324	46.4	mpcc	HE2356-3140	34.2	mpcc
HE0243-3433	34.4	mpcc	HE0526-4734	36.6	mpcc	HE1310+0112	47.7	mpcc	HE2213-5855	42.7	mpcc	HE2356-3201	58.2	mpcc
HE0243-4154	35.9	mpcc	HE0526-4822	37.0	mpcc	HE1310-1154	50.6	mpcc	HE2213-6039	42.1	mpcc	HE2356-3727	61.2	mpcc
HE0243-5051	37.2	mpcc	HE0528-4410	48.0	unid	HE1310-1407	30.2	mpcb	HE2214-0838	41.5	fhlc	HE2356-4047	44.0	mpcc
HE0243-5815	37.9	mpcc	HE0528-4747	43.5	mpcc	HE1310-2632	45.3	mpcc	HE2214-1048	40.1	mpcc	HE2356-4512	49.3	mpcc
HE0244-1806	48.6	mpcc	HE0529-3745	46.1	unid	HE1310-2635	43.3	mpcc	HE2214-1530	55.5	mpcc	HE2356-4512	58.9	mpcc
HE0244-1906	36.2	mpcc	HE0529-4000	37.5	mpcb	HE1311-3002	33.3	fhlc	HE2214-2233	43.5	mpcc	HE2356-4847	54.0	mpcc
HE0244-2200	35.5	mpcc	HE0529-4000	38.6	mpcc	HE1311-3002	34.8	fhlc	HE2214-2239	38.8	mpcc	HE2356-5634	31.3	mpcb
HE0244-3636	48.2	fhlc	HE0529-4759	51.3	mpcc	HE1312-0954	54.7	mpcc	HE2214-2650	35.2	mpcc	HE2357-1232	43.9	mpcc
HE0244-3654	35.5	mpcc	HE0529-5043	50.7	mpcc	HE1312-1114	52.2	mpca	HE2214-3004	34.5	mpcb	HE2357-2335	42.3	fhlc
HE0244-5148	38.7	mpcc	HE0529-5351	36.7	mpcc	HE1312-1141	36.9	mpcc	HE2214-3222	34.3	mpcc	HE2357-2949	48.6	mpcc
HE0245-1516	38.5	mpcc	HE0529-5656	49.8	mpcc	HE1313-1013	31.3	mpcc	HE2214-3415	47.2	mpcc	HE2357-4001	48.6	mpcc
HE0245-2237	46.9	mpcc	HE0530-3900	40.4	mpcc	HE1313-1112	39.3	mpcc	HE2214-4505	35.0	mpcc	HE2357-4645	44.6	mpcc
HE0245-3809	38.0	mpcc	HE0530-3959	43.4	mpcc	HE1314-0236	53.9	mpcc	HE2214-6057	47.9	mpcc	HE2357-5012	31.8	mpcc
HE0245-3822	48.1	mpcc	HE0530-4407	42.0	mpcc	HE1314-0539	64.8	unid	HE2215-0437	55.5	mpcc	HE2357-5955	46.7	mpcc
HE0246-1502	48.8	mpcc	HE0530-5239	34.6	mpcc	HE1314-1625	36.0	mpcc	HE2215-0653	55.5	mpcc	HE2358+0204	47.0	mpcc
HE0246-3330	41.5	mpcc	HE0530-5431	47.6	mpcc	HE1314-1923	39.2	mpcc	HE2215-1056	44.4	mpcc	HE2358-1937	47.6	mpcc
HE0246-3755	44.9	mpcc	HE0530-5522	39.0	mpcc	HE1314-2728	36.9	mpcc	HE2215-2051	38.6	fhlc	HE2358-2016	56.7	mpcc
HE0246-5429	41.1	mpcc	HE0531-4259	88.4	unid	HE1315+0154	51.1	mpcc	HE2215-3712	44.6	mpcc	HE2358-2205	36.5	mpcc
HE0247-0149	36.6	mpcc	HE0531-5624	44.9	mpcc	HE1315-0938	38.1	mpcc	HE2215-4937	51.2	mpcc	HE2358-2235	38.2	mpcc
HE0247-3842	40.1	mpcc	HE0532-3819	38.2	fhlc	HE1315-1234	49.2	mpcc	HE2216-0857	42.7	mpcc	HE2358-2431	54.5	mpcc
HE0248-0044	49.8	mpcc	HE0532-4058	45.1	mpcc	HE1315-2807	42.4	fhlc	HE2216-1435	42.4	mpcc	HE2359+0034	42.9	mpcc
HE0248-0740	53.4	mpcc	HE0532-5356	45.4	mpcc	HE1315-3149	36.3	mpcc	HE2216-2254	41.4	mpcc	HE2359-0149	41.8	mpcc
HE0248-0838	60.6	mpcc	HE0532-5414	41.0	mpcc	HE1316-1109	44.6	mpcc	HE2216-2306	35.7	mpcc	HE2359-0210	32.1	mpcc
HE0248-1020	53.2	mpcc	HE0533-4138	40.6	mpcc	HE1316-1601	60.8	mpcc	HE2216-2608	36.0	mpcc	HE2359-0324	38.3	mpcc
HE0248-1152	41.9	mpcc	HE0533-4212	37.1	mpcc	HE1316-1638	38.7	mpcc	HE2216-2631	42.3	mpcb	HE2359-2153	34.2	mpcc
HE0248-1204	34.2	mpcc	HE0533-4405	49.4	mpcc	HE1316-2145	31.4	mpcc	HE2216-2819	57.1	mpcc	HE2359-2232	38.3	mpcc
HE0248-1738	52.0	mpcc	HE0533-5604	40.1	mpcc	HE1316-2416	53.8	unid	HE2216-3417	40.8	mpcc	HE2359-2806	45.8	mpcc
HE0248-2953	49.4	mpcc	HE0534-5247	62.4	mpcc	HE1318+0158	38.4	mpcc	HE2216-3603	37.7	mpcc	HE2359-3247	38.8	mpcc
HE0248-3346	58.8	mpcb	HE0535-4842	30.5	unid	HE1318+0200	46.4	unid	HE2216-4418	40.4	mpcc	HE2359-3902	33.8	mpcc
HE0248-3624	38.1	mpcb	HE0535-5106	39.3	mpcc	HE1318-0034	53.0	mpcc	HE2216-5140	48.8	mpcc	HE2359-4006	55.3	mpcc
HE0248-3851	41.2	mpcc	HE0536-3825	40.4	mpcb	HE1318-0445	36.2	mpcc	HE2216-5159	34.1	mpcc	HE2359-4030	41.6	mpcc
HE0249-0216	42.7	mpcc	HE0536-3954	47.3	mpcc	HE1318-0522	38.2	mpcc	HE2216-5201	37.5	mpcc	HE2359-4656	42.5	mpcc
HE0249-0812	47.2	mpcc	HE0536-4040	39.5	mpcc	HE1318-1715	32.7	mpcc	HE2216-5605	44.7	mpcc	HE2359-5110	32.7	mpcc
HE0249-1131	46.0	mpcc	HE0536-4050	48.7	mpcc	HE1318-3128	42.7	mpcc	HE2216-5843	47.0	mpcc	HE2359-5624	40.8	mpcb
HE0249-3105	35.0	mpcc	HE0536-4124	41.4	unid	HE1319-0224	35.6	mpcc	HE2216-5926	56.9	mpcc	HE2359-6244	54.6	mpcc
HE0250-2454	50.3	mpcc	HE0536-4139	40.9	mpcc	HE1319-0921	33.1	mpcc	HE2216-6035	36.7	mpcc	...	...	...
HE0250-3217	32.0	mpcc	HE0536-5117	36.8	mpcc	HE1319-2038	38.1	mpcb	HE2216-7038	41.7	mpcc	...	...	...