UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA INTERUNIDADES EM ENSINO DE
CIÊNCIAS (IFUSP/IQUSP/IBUSP/FEUSP)

Marília Soares

Mapa conceitual com erros como atividade avaliativa:
identificação das lacunas conceituais para a distribuição de
devolutivas específicas

SÃO PAULO
2020

MARÍLIA SOARES

Mapa conceitual com erros como atividade avaliativa:
identificação das lacunas conceituais para a distribuição de
devolutivas específicas

Versão Corrigida

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós Interunidades em Ensino de Ciências
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Mestre em Ensino
de Ciências.

Área de concentração: Ensino de
Química.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogério
Miranda Correia.

SÃO PAULO
2020

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Soares, Marília

Mapa conceitual com erros como atividade avaliativa: identificação das lacunas conceituais para a distribuição de devolutivas específicas. São Paulo, 2020.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação. Instituto de Física. Instituto de Química. Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia
Área de Concentração: Ensino de Química

Unitermos: 1. Ciência – Estudo e Ensino; 2. Avaliação; 3. Mapa Conceitual; 4. Devolutivas; 5. Aprendizagem.

USP/IF/SBI-004/2020

AGRADECIMENTOS

À vida e às vibrações positivas que me acompanharam nos momentos mais difíceis.

Aos meu pai (*in memoriam*) todo carinho, amor, respeito e gratidão por ter me oferecido caminhos para escolher, ter me iluminado quando eu mais precisei e por me ensinar a ser forte, principalmente após sua partida. À minha mãe todo respeito, amor, carinho e gratidão por ter sido paciente e forte durante todo o tempo, por ter me feito mais forte ainda e por ter permitido que eu fosse cursar o ensino superior em outra cidade em um momento tão difícil. Ao meu irmão que, apesar de muitas diferenças entre nós, sempre me inspirou no esporte e na busca pela melhor formação educacional.

Ao professor orientador Paulo Correia, por ter me aceitado em seu grupo enquanto eu ainda era aluna em sua disciplina da Pós-Graduação. Gratidão pela paciência, persistência e oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

Ao Programa Interunidades pela oportunidade de fazer parte desse Universo sobre Ciência e Educação e gratidão pela equipe da CPGI que sempre me atendeu com atenção quando precisei, em especial ao funcionário Thomas Alexandre.

Aos professores do Programa Interunidades pelos ensinamentos. Em especial, ao professor Maurício Pietrocola P. de Oliveira e à professora Maria Eunice R. Marcondes pela oportunidade de aprender a repensar a Ciência e a Educação com vocês.

Aos professores da Banca de Qualificação, professor Flávio Maximiano por todas as sugestões e comentários. Em especial à professora Adriana Backx Noronha Viana pela atenção (antes e durante a qualificação), pelos materiais disponibilizados e comentários.

Aos irmãos científicos que conviveram comigo (pouco ou muito) durante todo esse tempo: Laura, João, Ronise, Gisele, Adriano, José Francisco, Kleyfton, Thalita, Ana Carolina e Adailton. Um agradecimento especial à Raíssa pela amizade e por todo o apoio ao longo dessa jornada. À Joana também pela amizade e por ter dividido um pouco de toda sua experiência pessoal e profissional durante nossa convivência e por me aconselhar quando precisei.

Aos amigos de longas datas Raquel Piñas e Rodrigo Alves que sempre me apoiaram e torceram pelas minhas conquistas. A amizade de vocês é muito especial para mim. Ao amigo de trabalho Carlos Henrique (vulgo Dexter), obrigada pela ajuda de sempre.

Aos meus filhos pets que me acompanharam por muitas noites e dias e ajudaram aliviar a tensão nos momentos mais difíceis. Gatos: Cotoco (*in memoriam*), Manoela, Picolino e Nelson. Jabuti: Chuchu.

Por fim, aos alunos da ETEC Camargo Aranha, Tereza Nunes e Itaquera 2 que conviveram comigo durante esse período e me fizeram querer ser uma professora melhor. À EACH/USP e seus alunos pela oportunidade da pesquisa. Sem vocês, nada disso faria sentido e eu não seria desafiada a buscar o melhor de mim.

“Aquele que se preocupa com os efeitos de sua ação modifica-a para melhor atingir seus objetivos”.

(Perrenoud, 1999, p. 78)

RESUMO

Soares, M. (2020). Mapa conceitual com erros como atividade avaliativa: identificação das lacunas conceituais para a distribuição de devolutivas específicas (Dissertação de Mestrado). Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Mapa Conceitual (MC) é um tipo de organizador gráfico que permite revelar os detalhes das relações conceituais existentes na estrutura cognitiva do indivíduo e é autoexplicativo. Foi estabelecido por Novak nos anos 70 a partir da Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel. Desde os primeiros trabalhos desenvolvidos por Novak, muitos outros surgiram explorando principalmente o uso de MC elaborado por alunos. Poucos são aqueles que exploram o uso de MC elaborado pelo professor. Quando o aluno é o mapeador, ele tende a “fugir” de conceitos específicos que esteja apresentando dificuldade, prejudicando qualquer avaliação que o professor possa fazer em torno de seu conhecimento. Por outro lado, quando o professor é o mapeador, ele pode inserir os conceitos mais relevantes para a avaliação e também erros intencionais para que o aluno identifique e mostre indiretamente o que ele entendeu sobre o assunto. A dissertação tem como objetivo identificar lacunas conceituais sobre Mudanças Climáticas em alunos do ensino superior, a partir de uma atividade avaliativa usando um MC com erros (MCE). Também é objetivo desta pesquisa, verificar o uso do MCE para distribuir devolutivas a fim de melhorar o desempenho dos alunos após um período de instrução. Para a realização desta pesquisa, foram conduzidos dois Estudos sequenciais dentro de uma disciplina de Ciências da Natureza entre 2017 e 2018. Ao todo, 172 alunos ingressantes nos cursos de graduação da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP), realizaram as atividades avaliativas. Em 2017 (Estudo 1), utilizou-se um MCE para a identificar as lacunas conceituais dos alunos após um período de instrução. Também foram elaboradas neste mesmo Estudo devolutivas do tipo específicas (DEs) e inespecíficas (DIs). Em 2018 (Estudo 2), foram utilizados dois MCE e dois testes de múltipla escolha (TME) como atividades avaliativas. Os dois MCE foram usados para distribuir as devolutivas e os dois TME serviram para comparar o efeito dessas devolutivas no desempenho dos alunos, após o reestudo dirigido. Os métodos de análise foram quantitativos e adotou-se a comparação das médias a partir dos dados obtidos. Com isso, verificou-se (i) o desempenho da turma e (ii) de grupos de alunos (Estudo 1), bem como (iii) o efeito das devolutivas no desempenho da turma e de grupos de alunos após o reestudo dirigido e (iv) a percepção dos alunos sobre as devolutivas (Estudo 2). De acordo com os resultados obtidos, o MCE ajudou na identificação das lacunas conceituais, revelando desempenhos distintos entre os alunos. O uso das devolutivas foi efetivo para constatar melhoras no desempenho dos alunos e a maioria deles (62%), sinalizou que elas foram úteis para aprender a partir dos erros. Mas as DEs tiveram um aceite maior entre os alunos. Entretanto, o mais importante, é que o professor sempre dê algum tipo de devolutiva aos alunos. Com esta pesquisa, foi possível inferir que (i) o MCE é muito útil para a identificação de lacunas conceituais e (ii) prático no sentido de distribuição de devolutivas pelo professor com apoio de recursos tecnológicos.

Palavras-chave: Ciência – Estudo e Ensino. Avaliação. Mapa conceitual. Devolutivas. Aprendizagem.

ABSTRACT

Soares, M. (2020). Concept map with errors as an assessment tool: identification of conceptual gaps for distribution of specific feedback (Master's Dissertation). Institute of Physics, Institute of Chemistry, Institute of Biosciences, Faculty of Education. University of Sao Paulo, Sao Paulo.

Concept Map (CM) is a type of graphic organizer that allows to reveal the details of the existing conceptual relationships in the cognitive structure of the individual and it is self-explanatory. It was established by Novak in the 1970s from Ausubel's Meaningful Learning Theory. Since the first works developed by Novak, many others came mainly exploring the use of CM elaborated by students. There are few works that explore the use of CM elaborated by the teacher. When the student is the mapper, s/he tends to “escape” from specific concepts that they are having difficulty, undermining any assessment the teacher may make around his or her knowledge. On the other hand, when the teacher is the mapper, s/he can insert the most relevant concepts for the assessment and intentional errors for the student to identify and indirectly show what he understood about the subject. The dissertation aims to identify conceptual gaps on Climate Change in higher education students, from an evaluative activity using a CM with errors (CME). It is also the objective of this research to verify the use of CME to distribute specific feedback to improve student performance after a period of instruction. For this research, two sequential studies were conducted within a Natural Sciences discipline between 2017 and 2018. The study was conducted with a total of 172 students entering the undergraduate courses of the School of Arts, Sciences and Humanities of the University of São Paulo (EACH/USP), performed the evaluation activities. In 2017 (Study 1) an CME was used to identify conceptual gaps after an instructional period. Also, in this study, two types of feedback were elaborated: specific (SFs) and nonspecific (NFs). In 2018 (Study 2), two multiple-choice tests (MCT) were conduct as evaluative tool. The two CMEs were used to distribute the feedbacks, and the two MCTs were used to compare the effect of these feedbacks on the students' performance, before and after the directed restudy. The quantitative analysis methods were adopted and the comparison of means from the data obtained. Thus, it was verified (i) the performance of the class and (ii) of student groups (Study 1) and the effect of feedback on the performance of the class and groups of students after the directed restudy (Study 2). According to the results obtained, the use of both types of feedback was effective to see improvements in student performance and most of them (62%) indicated that feedback was helpful and helped to learn from mistakes. But the feedback that dealt directly with the content of the MCE proposition (SFs) had greater acceptance among the students. Mas o mais importante, é que o professor dê algum tipo de devolutiva ao aluno. With this research, it was possible to infer that: (i) the CME is very useful for identifying conceptual gaps and (ii) it is practical to allow quick correction and distribution of feedback by the teacher to the students after the directed re-study, with support of technological resources.

Keywords: Science – Study and Teaching. Assessment. Concept map. Feedback. Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. MC para apresentar a organização da pesquisa.....	17
Figura 2. Representação do processo de assimilação segundo Ausubel	23
Figura 3. Modelos para as estruturas cognitivas	25
Figura 4. Ciclos de aprendizagem a partir das transformações da estrutura de conhecimento do aluno após o período de instrução	27
Figura 5. Exemplo de um MCE.....	30
Figura 6. Taxonomia de Bloom para o domínio cognitivo e a descrição do comportamento esperado do aluno para cada categoria	38
Figura 7. Comparação entre a Taxonomia de Bloom original e a versão Revisada.....	40
Figura 8. Dimensão do Conhecimento da Taxonomia Revisada de Bloom.....	41
Figura 9. MC com as principais relações entre os referenciais teóricos da pesquisa.....	45
Figura 10. Organização da disciplina de CN. A: Aula	48
Figura 11. Coleta de dados do Estudo 1	51
Figura 12. MCE utilizado como atividade avaliativa. Os destaques em vermelho são os erros conceituais inseridos pelo professor. <i>Pergunta Focal: Como a sociedade contemporânea está respondendo a intensificação das mudanças climáticas?</i>	53
Figura 13. Interface de acesso ao e-Disciplinas	58
Figura 14. Organização de CN dentro do e-Disciplinas.....	59
Figura 15. Acesso a plataforma SERO! a partir de um link no e-Disciplinas.....	59
Figura 16. Interface para login e senha do aluno na plataforma SERO!.....	60
Figura 17. Caracterização das proposições incorretas em diferentes níveis de dificuldade	62
Figura 18. Exemplo de DI e DE para a proposição P ₂₈	66
Figura 19. Percentual de identificação dos erros inseridos no MC	67
Figura 20. Dendograma obtido a partir da Análise por Agrupamento Hierárquico (HCA) para o E ₁ . G _n , n = número do grupo	74

Figura 21. Contexto histórico para explicar o que é tsunami (parte 1)	86
Figura 22. Contexto para explicar o que é tsunami (parte 2): sequência mostra a origem da energia que forma as ondas comuns	87
Figura 23. Contexto para explicar o que é tsunami (parte 3): sequência mostra a origem da energia que forma o tsunami.....	88
Figura 24. Excerto de texto usado como devolutiva à proposição P ₃	89
Figura 25. Conjunto de diferentes cenários originados por meio de modelos matemáticos utilizado como devolutiva à proposição P ₉	91
Figura 26. Excerto de texto usado como devolutiva à proposição P ₁₀	92
Figura 27. Excerto de texto utilizado como devolutiva à proposição P ₁₆	93
Figura 28. Excerto de texto utilizado como devolutiva à proposição P ₁₉	94
Figura 29. Coleta de dados do Estudo 2	99
Figura 30. Tipos de devolutivas distribuídas aos alunos utilizando MCEs.....	101
Figura 31. MCE utilizado para distribuição das devolutivas. Os destaques em vermelho são os erros conceituais inseridos pelo professor. <i>Pergunta Focal: Como o desenvolvimento científico-tecnológico está relacionado com as mudanças climáticas?</i>	103
Figura 32. Dendograma obtido a partir da Análise por Agrupamento Hierárquico (HCA) para o E ₂ . G _n , n = número do grupo	113
Figura 33. Gráfico de dispersão obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA). G _n , n = número de grupo.....	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação da demanda de tempo para a elaboração de MC pelo aluno e professor	31
Tabela 2. Dimensão dos Processos Cognitivos da Taxonomia Revisada de Bloom	39
Tabela 3. Classificação dos objetivos de uma atividade usando MCE	42
Tabela 4. Materiais selecionados previamente pelo professor para o Bloco 2 da disciplina de CN (2017/2018). “Continua”	49
Tabela 5. Relação entre as proposições incorretas do MC com os materiais da disciplina de CN.....	57
Tabela 6. Modelo de codificação das respostas para análise de desempenho da turma.	61
Tabela 7. Exemplo de dados inseridos no <i>Pirouette</i> para encontrar padrões de desempenho entre os alunos	63
Tabela 8. Exemplo de percentual médio obtido para cada grupo de alunos nas categorias de conteúdo estabelecidas no MCE	64
Tabela 9. Relação bidimensional entre a dimensão dos Processos Cognitivos e do Conhecimento para as proposições incorretas do MC	72
Tabela 10. Percentual de identificação dos erros, por grupo de alunos, em cada conteúdo do MC.....	75
Tabela 11. DEs elaboradas a partir dos materiais da disciplina de CN para cada proposição incorreta do MC. “Continua”	84
Tabela 12. Resumo da relação entre as proposições incorretas do MCE E ₂ e os materiais da disciplina de CN	106
Tabela 13. Sistema de pontuação do professor de CN para os TMEs.....	109
Tabela 14. Resultados do teste t-pareado ¹ para comparar o desempenho dos alunos ..	112
Tabela 15. Resultados da ANOVA de um fator ¹ para comparar as médias dos grupos de alunos.....	115
Tabela 16. Resultados do teste - t independente ¹ para comparar o desempenho dos alunos das condições experimentais A e B	117
Tabela 17. Resultado do teste - t pareado ¹ para comparar o desempenho dos alunos da condição A (n = 41).....	118
Tabela 18. Resultados do teste - t pareado ¹ para comparar o desempenho dos alunos da condição B (n = 46)	118
Tabela 19. Percepções dos alunos quanto ao uso das devolutivas inseridas nos MCEs. “Continua”	120

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

CN	Ciências da Natureza
COP 15	15º Conferência das Partes sobre o Clima
DI DI _s	Devolutiva Inespecífica Devolutivas Inespecíficas
DE DE _s	Devolutiva Específica Devolutivas Específicas
EACH/USP	Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP
GEE	Gases de Efeito Estufa
GPMC	Grupo de Pesquisa Mapas Conceituais
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (do inglês <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
MC MC _s	Mapa Conceitual Mapas Conceituais
MCE MCE _s	Mapa Conceitual com Erros Mapas Conceituais com Erros
MCE – E ₁	Mapa Conceitual com Erros do Estudo 1
MCE – E ₂	Mapa Conceitual com Erros do Estudo 2
P	Proposição
TME TME _s	Teste de Múltipla Escolha Testes de Múltipla Escolha
TME 1	Teste de Múltipla Escolha da avaliação formal de CN
TME 2	Teste de Múltipla Escolha do período de recuperação de CN

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Sociedade da Informação	20
1.2	Sociedade do Conhecimento	21
1.3	Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel	22
1.4	Teoria Educacional de Novak	23
1.4.1	Mapa Conceitual Com Erros – MCE	28
1.5	Ensino de Ciências	31
1.6	Objetivo e pergunta de pesquisa	33
2	REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	34
2.1	Taxonomia de Objetivos Educacionais (Taxonomia de Bloom)	34
2.2	Taxonomia Revisada de Bloom	39
2.3	Avaliação Educacional.....	42
2.3.1	Avaliação Formativa.....	44
3	ESTUDO 1: IDENTIFICAÇÃO DE LACUNAS CONCEITUAIS POR MEIO DE UMA ATIVIDADE AVALIATIVA USANDO MCE	47
3.1	Objetivos e pergunta de pesquisa.....	47
3.2	Contexto da pesquisa	47
3.3	Coleta de dados	51
3.3.1	Atividade avaliativa: MCE	52
3.3.2	Plataformas tecnológicas utilizadas na disciplina de CN.....	58
3.4	Análise de dados	61
3.4.1	Desempenho da turma na atividade avaliativa.....	61
3.4.2	Busca por padrão de desempenho entre os alunos	63
3.4.3	Elaboração de devolutivas específicas a partir dos materiais da disciplina de CN.....	65
3.5	Resultados e discussão	66
3.5.1	Desempenho da turma na atividade avaliativa.....	67
3.5.2	Grupos de alunos com padrão de desempenho semelhante	74

3.5.3	DEs elaboradas a partir dos materiais da disciplina de CN	83
3.6	Conclusões do Estudo 1	95
4	ESTUDO 2 – EFEITO DAS DEVOLUTIVAS ESPECÍFICAS NO DESEMPENHO DOS ALUNOS APÓS O REESTUDO DIRIGIDO	97
4.1	Objetivos e pergunta de pesquisa.....	97
4.2	Contexto da pesquisa	97
4.3	Coleta de dados.....	98
4.3.1	Atividades avaliativas: MCEs e TMEs	102
4.4	Análise de dados	108
4.4.1	Comparação do desempenho dos alunos antes e depois do reestudo dirigido	108
4.4.2	Busca por padrão de desempenho entre os alunos.....	110
4.4.3	Comparação entre duas condições experimentais.....	111
4.4.4	Comparação do desempenho dos alunos da condição A e B antes e após o reestudo dirigido	111
4.4.5	Percepções dos alunos sobre o uso das devolutivas no reestudo dirigido.....	111
4.5	Resultados e discussão	112
4.5.1	Desempenho dos alunos antes e após o reestudo dirigido	112
4.5.2	Grupos de alunos com padrão de desempenho semelhante	113
4.5.3	Comparação entre duas condições experimentais.....	116
4.5.4	Comparação do desempenho dos alunos da condição A e B antes e após o reestudo dirigido	117
4.5.5	Percepções dos alunos quanto ao uso das devolutivas no reestudo dirigido.....	119
4.6	Conclusões do Estudo 2	122
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS DA PESQUISA	125
5.1	Limitações da pesquisa e perspectivas de estudos futuros.....	127
5.2	Implicações Educacionais.....	129
5.3	Considerações finais da autora.....	130

REFERÊNCIAS.....	133
APÊNDICE A: TME 1	137
APÊNDICE B: TME 2	141
APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DOS ALUNOS QUANTO AO USO DAS DEVOLUTIVAS NO REESTUDO DIRIGIDO	145

APRESENTAÇÃO

Aqui quem escreve é uma pessoa que desde sempre teve que aprender a buscar seu lugar, sem privilégios e da maneira mais compromissada possível. Passível de falhas, mas sobretudo, tentando agir sempre corretamente e com profissionalismo.

Há algumas décadas eu terminava o ensino médio e, antes mesmo de me formar, já estava trabalhando no comércio (farmácia). Ao término da escola, decidi ficar sem me preocupar com os estudos por um ano para que eu tentasse entender o que eu queria cursar na faculdade. Aliás, cursar o ensino superior ainda era algo duvidoso até porque eu não tive muita orientação a respeito disso na escola. O meu interesse mesmo era no esporte (assim como meu irmão teve a chance de escolher) eu também tive, e optei pelo caminho dos estudos. Apesar dessa dúvida, estudar em uma Universidade pública sempre foi algo muito óbvio para mim, pois venho de escola pública e sempre entendi que não haveria outra forma senão me dedicar muito para conseguir isso. O exemplo já existia dentro de casa, mais uma vez com o meu irmão, que já era aluno USP nessa época em que terminei a escola. Com isso, era muito normal pensar que ali seria o meu caminho também, mas não imaginava o quanto seria tão difícil.

Após um ano fora da sala de aula eu decidi ingressar em um cursinho preparatório e assim (re)começava a minha saga de ter que trabalhar e estudar.

Pelo fato de já estar inserida na área de farmácia, em alguns momentos as dúvidas surgiram e quase segui esse caminho. Desviei por influência de alguns professores de Química e porque a rotina do comércio já estava me saturando. Nessa época comecei a resgatar algumas ideias de infância que passavam pelo contexto científico. Contudo, algo que funcionou bem durante o meu emprego foi perceber o que eu realmente gostava: entender (quimicamente) como os princípios ativos de medicamentos funcionavam e como eram produzidos. Então, nas horas vagas, eu lia o DEF (Dicionário de Especialidade Farmacêutica). Foi com ele que o meu interesse pela Ciência (especialmente a Química) se fortaleceu. Tempos depois saí do emprego para me dedicar exclusivamente aos estudos.

Três anos se passaram, e eu fui aprovada no vestibular da FATEC Zona Leste e UNESP de Presidente Prudente, mas o difícil foi comemorar toda essa vitória num momento péssimo: fazia alguns dias que eu tinha perdido meu pai. Mas com todo apoio da minha mãe, do meu irmão e de dois professores do cursinho eu encarei o desafio de ir embora e ficar longe de todos por alguns anos.

Entrei na UNESP em 2004 (2º turma de Licenciatura Plena em Química) e no mesmo ano participei de um evento de Ensino de Química (EVEQ) na UNESP de Araraquara. Desde então, sempre que podia e tinha condições, participava de eventos na região de Presidente Prudente e até em outros Estados. A maioria desses eventos eram ligados ao Ensino de Ciências e especialmente de Química. Porém, nem sempre eu participava apresentando trabalho, mas sim me inscrevia para as outras atividades desses eventos. Foi assim que estabeleci contato com muitas pessoas de diferentes lugares (professores e alunos) que me fizeram perceber que ir pelo caminho do Ensino de Ciências seria uma boa escolha, mas ainda não estava muito segura disso, pois existiam outros interesses que eu descobri durante a graduação. Neste caso era a Química Analítica, que até tentei iniciar uma pesquisa nessa área, mas foi em vão e no final acabei trabalhando com experimentação no Ensino de Química e Aprendizagem, o que me rendeu na época bons trabalhos, incluindo um capítulo de livro e a participação em alguns eventos da área, juntamente com colegas de curso.

Ainda antes de terminar a graduação comecei a trabalhar como professora e, quando me formei, fui fazer uma Pós-Graduação *Latu Sensu* em Docência para o Ensino Superior, o que me ajudou muito a começar a ter contato com alguns teóricos que antes não conhecia.

No campus da UNESP, na época, não tinha ninguém que trabalhasse com Ensino de Química. Como eu ainda acreditava que a Química Analítica seria um bom caminho a ser seguido em uma Pós-Graduação, retornei para São Paulo depois de 8 anos. Por duas vezes fui aprovada no processo seletivo para Mestrado na UFABC, em Química Analítica, e iniciei o Mestrado em 2012 e depois de um ano, fui chamada para lecionar no Instituto Federal de São Paulo. Devido as dificuldades enfrentadas ao longo do caminho em termos de saúde (minha e da minha mãe) e por não estar mais satisfeita com o que eu estava trabalhando, decidi então, não continuar na UFABC e deixei o meu projeto a disposição da professora orientadora na época para que ela repassasse para alguém que tivesse interesse em conduzi-lo.

Tempos depois percebi que a decisão de deixar a UFABC não pesou tanto, e, foi então que decidi resgatar aquele sentimento que me fez começar tudo isso: ser aluna da USP (como meu irmão) e entrar de vez na área de Ensino de Ciências. Então arrisquei. Fui direto para a página do Programa Interunidades (PIEC) para conseguir informações sobre o ingresso. Alguns colegas de graduação e outros que conheci no Instituto Federal me auxiliaram com mais informações sobre o programa. Mais uma vez, três anos se passaram e em 2016 fui aprovada e iniciei como aluna USP em 2017. Neste ano, já estava trabalhando como professora do Centro Paula Souza e não existia a possibilidade de abrir mão disso, devido aos compromissos assumidos em minha residência.

Passado o efeito da aprovação, eu comecei a resgatar uma lista de nomes de professores que eu tinha e, nela constava o nome do professor Paulo Correia. Como eu não o conhecia, preferi conversar primeiro com os professores de outras linhas de pesquisa que eu já conhecia e que foram orientadores de algumas pessoas do meu vínculo de amizade. Tudo em vão, ninguém tinha disponibilidade naquele momento para mais uma orientação e nem tudo me chamou a atenção do jeito que eu imaginava. Durante o resgate dessa lista de professores, me lembrei que na graduação tive contato com mapas e eu gostei muito, mas hoje entendo que tinha sido um contato com o mapa mental¹ e não o conceitual. Mas, mesmo assim, isso foi um motivo para eu me empolgar com a possibilidade de entrar nessa linha de pesquisa e voltar a trabalhar com aprendizagem, assim como foi na graduação.

Durante o 1º semestre de 2017 cursei três disciplinas (Química Orgânica, Seminários e a disciplina do professor Paulo Correia sobre Mapas Conceituais). Esta última, foi realmente empolgante e desafiadora ao mesmo tempo porque eu estava aprendendo algo muito novo e que poderia me ajudar a decidir o caminho a ser seguido na Pós-Graduação. Então, no mês de abril de 2017 iniciei as conversas com o professor Paulo Correia. Tentei deixar tudo muito claro desde o início sobre minha situação (trabalhar e estudar) e se isso não seria um problema para ele. Fiquei mais confortável quando conheci vários colegas no programa e outros no próprio grupo que também estavam em uma situação parecida.

¹ Nos mapas mentais não há a presença de verbo entre os conceitos, por isso, o mapeador não declara a relação entre eles.

Em um dia de visita na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP), conheci o Grupo de Pesquisa em Mapas Conceituais (GPMC) e fui muito bem recebida por todos. A sensação de grupo que eu também buscava para apoiar minha formação encontrei por aqui. Decidi rapidamente ficar e com o aval do professor fechamos os detalhes e a orientação foi oficializada junto ao Programa Interunidades.

O ano de 2017 foi uma explosão de informações, tanto nas disciplinas cursadas quanto em relação ao aprendizado da rotina do grupo de pesquisa. Mesmo com tudo isso, atendi aos prazos do Programa e aos poucos fui finalizando as disciplinas e entendendo como todo o resto funcionava. Com o projeto de pesquisa entregue ao Programa de Pós, foi possível elaborar um Mapa Conceitual (MC) para apresentar sua organização, como mostra a Figura 1.

Figura 1. MC para apresentar a organização da pesquisa.

Fonte: a autora. Conceitos em azul (E₁), verde (E₂) e amarelos, comuns aos dois estudos.

A partir dessa organização e da execução de todas as etapas planejadas, a dissertação foi escrita e finalizada em cinco capítulos que são detalhados a seguir.

O Capítulo 1 trata do enquadramento desta pesquisa iniciando com uma abordagem sobre os conceitos de Sociedade da Informação e do Conhecimento. Na sequência, é apresentada a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel que foi muito importante para o desenvolvimento da Teoria Educacional de Novak. Este propôs o uso de MC como forma de tentar descobrir o que alunos, em início de idade escolar, entendiam sobre Ciências. Na sequência do Capítulo é apresentado o contexto de Mapa Conceitual Com Erros (MCE) que foi proposto pelo nosso grupo de pesquisa em 2016 e se apresenta como uma alternativa às atividades que envolvem MC no Ensino de Ciências. Por fim, é apresentado o objetivo e a pergunta de pesquisa.

O Capítulo 2 trata dos referenciais teóricos que embasam essa pesquisa. Esses referenciais passam pela Taxonomia de Bloom de 1956 e a Revisada de 2001, bem como pelo contexto de avaliação educacional na visão de Cipriano Luckesi e pelos conceitos e ideias sobre avaliação formativa a partir de Philippe Perrenoud (o conceito avaliação formativa, na sua origem, não foi criado por ele, e sim, por Scriven em 1967) (Perrenoud, 1999).

O Capítulo 3 apresenta todo o Estudo 1 que foi realizado em 2017 dentro da disciplina de Ciências da Natureza (CN) da EACH/USP. Neste Capítulo, é descrito o objetivo, contexto da pesquisa e os procedimentos metodológicos adotados para a coleta e análise dos dados. Neste Estudo foi realizada a identificação das lacunas conceituais de alunos ingressantes à EACH/USP que cursaram a disciplina de CN no 1º semestre do ano letivo, utilizando um MCE como atividade avaliativa. A temática tratada no MCE foi Mudanças Climáticas e o seu uso foi muito importante para analisar as dificuldades dos alunos em relação a alguns conteúdos tratados durante a disciplina. Os resultados obtidos revelaram em quais conteúdos os alunos apresentaram maior ou menor dificuldade. Essas informações foram úteis para organizar as devolutivas elaboradas pelo professor a partir dos materiais da própria disciplina. Essas devolutivas foram distribuídas no ano seguinte utilizando a plataforma virtual e-Disciplinas².

² Plataforma que serve como apoio às aulas da graduação ou Pós-Graduação da USP. Os professores podem, por exemplo, inserir diferentes materiais da sua disciplina ou ainda criar e aplicar avaliações virtualmente.

No Capítulo 4, seguindo a mesma lógica do anterior, todo o Estudo 2 realizado em 2018 é apresentado. Neste Capítulo, é descrito o objetivo, contexto da pesquisa e os procedimentos metodológicos adotados para a coleta e análise dos dados. Este Estudo apresentou dois momentos de coleta de dados, um na Aula 10 e o outro na Recuperação (Rec). Na Aula 15 (antes da Rec) o professor liberou o acesso às devolutivas elaboradas por ele no estudo anterior, de forma que os alunos tinham uma semana para utilizá-las e se prepararem para uma segunda avaliação. O objetivo foi analisar o efeito dessas devolutivas no desempenho dos alunos após o reestudo dirigido. Os alunos deveriam recuperar conteúdos que eles tiveram alguma dificuldade na primeira atividade avaliativa de acordo com as devolutivas do professor. Os resultados mostraram que, independentemente do tipo de devolutiva, o desempenho dos alunos melhorou após o reestudo dirigido. A maioria deles informou e confirmou que o uso das devolutivas foi muito importante, pois elas ajudaram a aprender com os próprios erros, especialmente aquelas que tratavam diretamente do conteúdo das proposições incorretas.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões e considerações finais da pesquisa, algumas limitações encontradas durante o seu desenvolvimento e perspectivas de estudos futuros e implicações educacionais observadas até o momento da sua finalização. Neste capítulo, também foi importante trazer as considerações pessoais da autora com o término desta pesquisa, destacando como o Mestrado foi importante para o crescimento pessoal e profissional.

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo o leitor encontrará toda a contextualização desta pesquisa. Inicia-se com definições sobre os conceitos de Sociedade da Informação e do Conhecimento para seguir com toda vertente teórica trazida nos referenciais que apoiam esta pesquisa.

Por fim, apresenta-se o objetivo e a pergunta da pesquisa.

1.1 Sociedade da Informação

Por volta da década de 50, tem início a chamada Era Pós-Industrial em que novas demandas vindas de países industrializados e do meio acadêmico começam a emergir no cenário mundial, como por exemplo, informatizar a sociedade (Carvalho & Kaniski, 2000).

Em 1962, o economista Fritz Machlup refere-se pela primeira vez ao termo Sociedade da Informação, mas o desenvolvimento do conceito foi feito por Peter Drucker em 1966 quando enunciou que a Sociedade Pós-Industrial evolui fundamentada em um novo bem precioso: a informação, que refere-se a dados processados sobre uma pessoa ou algo (Coutinho & Lisbôa, 2011; Kepler, 2019 *on line*). Com isso, a expressão Sociedade da Informação se tornou comum nos meios de comunicação e passou a ser usada no lugar do termo “Sociedade Pós-Industrial” (Werthein, 2000; Crawford, 1983).

Este novo cenário está centrado na comunicação, informação, conhecimento e aprendizagem e exigirá das pessoas capacidade e habilidade para o exercício de suas funções. Esse modelo de sociedade passa a ser uma democratização da informação, pois o acesso passa ser facilitado por meio das Tecnologias de Informação (TICs) (Coutinho, Lisbôa, 2011; Werthein, 2000).

Com isso, o desafio que se depositou na Educação foi muito grande, pois é necessário que dentro do ambiente educacional seja possível desenvolver competências para participar e interagir num mundo global, competitivo e que valoriza o indivíduo pela flexibilidade, criatividade e capacidade de encontrar soluções inovadoras para problemas futuros (Coutinho; Lisbôa, 2011). De todos serão exigidas essas competências para que os indivíduos se tornem mais atuantes, críticos e competentes no mercado de trabalho (Mendes, 2007).

O desenvolvimento das competências de um indivíduo visando a resolução de problemas é potencializado na Sociedade da Informação com o uso das TICs, que, por sua vez, favorecem a implantação de serviços como: Ensino a Distância (EaD), bibliotecas digitais, correio eletrônico, comércio eletrônico, entre outras possibilidades (Werthein, 2000).

No caso do EaD, este contempla, entre outras atividades atualmente, cursos de curta duração, graduação, Pós-Graduação, palestras, workshops e conferências. Essa modalidade é uma realidade no Brasil e ganhou força e incentivo por parte do poder público, por meio do Art. 80º da Lei de Diretrizes e Bases (LDB, 1996; Werthein, 2000).

1.2 Sociedade do Conhecimento

O conhecimento consiste em informações obtidas por meio da aprendizagem e experiências. Ou seja, é a troca de ideias e aplicação da informação a partir da participação e colaboração do indivíduo em diferentes grupos (Kepler, 2019, *on line*). A partir da década de 1990 o termo Sociedade do Conhecimento passou a ser utilizado, principalmente no meio acadêmico como alternativa ao conceito de Sociedade da Informação.

A Sociedade do Conhecimento possui aspirações devido aos novos valores conferidos a própria Educação e o desafio de formar cidadãos críticos, aptos a lidar com questões complexas e a aprendizagem ao longo da vida. Estas aspirações devem ser respondidas por um sistema educacional que precisa ser reinventado a todo momento. Para isso, novas arquiteturas pedagógicas devem emergir a partir desse esforço de reinvenção. As mudanças precisam considerar aspectos complementares que envolvam conteúdos, formas, relações entre os sujeitos da educação e representações dos participantes do processo (UNESCO, 2005; Visser & Visser-Valfrey, 2008).

Com os recursos tecnológicos disponíveis, verifica-se a necessidade de tornar o tempo de aula e o desenvolvimento de tarefas e avaliações mais proveitoso e eficiente. Isso deve ocorrer a partir de discussões em sala de aula, aquisição de dados, resumos entre outras informações que são geradas e transmitidas rapidamente para uma grande quantidade de pessoas simultaneamente. Ensinar nesse novo modelo é uma grande mudança e um grande desafio, já que os meios de comunicação tornaram a comunicação mais rápida (Moran, 2000).

Neste sentido, o espaço e o tempo ganharam novos significados e o ensino superior passou a ser desafiado a buscar soluções inovadoras para que os futuros profissionais sejam capazes de aplicar o conhecimento específico adquirido para atender as demandas da Sociedade do Conhecimento (Correia, Aguiar, Viana, & Cabral, 2016).

1.3 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

Em 1963, após uma revisão de sua monografia que resultou no livro “A aquisição e retenção de conhecimento: uma visão cognitiva” (do original “*The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*”), David Ausubel apresentou uma teoria para aprendizagem significativa. Para que haja aquisição e retenção de conhecimentos, segundo ele, é necessária uma integração entre o material instrucional e os conceitos relevantes que o aluno traz consigo em sua estrutura de conhecimento (conhecimentos prévios) que neste caso, podem interagir de forma eficiente com novas ideias e formar novos significados (Ausubel, 2003). Para Ausubel os conhecimentos prévios são como pontes cognitivas que servem para facilitar a aprendizagem, e no caso da significativa, esta é uma resultante complexa dos Processos Cognitivos em que se adquire e utiliza o conhecimento (Moreira, 1999).

A aprendizagem cognitiva foi o principal interesse de Ausubel durante seus estudos, que também tratou da aprendizagem afetiva e psicomotora. A aprendizagem cognitiva trata do armazenamento de informações na estrutura cognitiva de uma pessoa e esse armazenamento é organizado e forma uma hierarquia conceitual, onde elementos específicos são assimilados e ligados a conceitos mais gerais, mais inclusivos (Moreira, 1999).

O processo de assimilação acontece em duas etapas importantes: a primeira é a etapa de aprendizagem, onde ocorre a interação do conhecimento prévio com a nova informação e cria-se algum significado devido a interação entre eles. A segunda etapa é a de retenção em que duas possibilidades podem ocorrer:

- (i) a nova informação não interage fortemente com o conhecimento prévio e por isso é armazenada da mesma forma que foi recebida, podendo ser até esquecida se não for utilizada como ponto de ancoragem de novas informações. Isso caracteriza a aprendizagem mecânica.

(ii) a nova informação interage fortemente com o conhecimento prévio a ponto de modificá-lo e fica armazenada na memória. Isso caracteriza a aprendizagem significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 1999).

A Figura 2 mostra de forma esquemática como ocorre o processo de assimilação segundo Ausubel.

Figura 2. Representação do processo de assimilação segundo Ausubel.

Fonte: a autora. Adaptada de Moreira, 1999.

A aprendizagem mecânica é importante porque quando o assunto é novo para o aluno, ela ocorre para que as novas informações sirvam, posteriormente, como ancoragem de outras que vierem a ser recebidas durante uma instrução. Com isso, o aluno pode chegar a aprendizagem significativa a partir da mecânica, o que caracteriza um *continuum* entre essas duas aprendizagens (Moreira, 1999).

1.4 Teoria Educacional de Novak

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel acabou servindo como pressuposto às ideias de Joseph Novak em torno da Educação, que entendia a aprendizagem como um conjunto de experiências (cognitivas, afetivas e psicomotoras) vividas pelo indivíduo, e essas experiências o levariam ao empoderamento (Moreira, 1999). Ou seja, o sujeito passa a ter domínio sobre o que ele viveu e autonomia para tomar decisões acerca dessa vivência. Por outro lado, tanto Ausubel quanto Novak, concordam que a aprendizagem deve ocorrer diante de mudanças nas estruturas cognitivas do aluno

com o ganho de experiências. Para que isso ocorra efetivamente, não deve existir experiência ruim, pois isso diminui a capacidade do aluno em tomar qualquer decisão de ordem cognitiva, afetiva ou psicomotora, deixando-o propenso a optar pela aprendizagem mecânica. Para que a opção seja pela aprendizagem significativa, deve existir uma troca de significados em sala de aula, entre professor e aluno, sendo que este último deve ser protagonista de seu próprio saber (Novak, 2010; Ausubel, 2003).

Para Novak, a aprendizagem significativa não é sinônimo de que o aluno aprendeu corretamente, porque ele pode aprender significativamente, mas de forma errada. Por isso, a necessidade da troca de significados e sentimentos entre professor e aluno (Moreira, 1999). Segundo Novak e Cañas, (2010), existem três condições importantes para que ocorra aprendizagem significativa:

- (i) o conhecimento prévio do aluno deve ser considerado,
- (ii) o material deve ser potencialmente significativo, e
- (iii) o aluno deve querer aprender.

Ausubel acreditava que o mais importante era conhecer o que o aluno já sabia antes da instrução, e a partir disso, ensiná-lo adequadamente. Novak percebeu que os testes convencionais ou entrevistas não eram suficientes para detectar o que as crianças, em início da idade escolar, já sabiam previamente sobre Ciências. Para resolver esse impasse, juntamente com seu grupo de pesquisa, utilizou MC para descobrir o entendimento básico dessas crianças sobre a natureza da matéria e energia (Ausubel, 2003; Novak, 2011). A partir disso, Novak se dedicou à aprendizagem significativa e ao mapeamento conceitual como estratégia para facilitar o alcance dessa aprendizagem (Moreira, 1999).

O MC utilizado e proposto por Novak em meados da década de 70, é um organizador gráfico que representa estruturas de conhecimento fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Esse organizador permite revelar os detalhes das relações conceituais existentes na estrutura cognitiva do indivíduo em um dado momento de ensino e aprendizagem e ainda é autoexplicativo. Existem três tipos de estruturas cognitivas que são representadas a partir dos MCs e ocorrem conforme o nível de entendimento sobre um dado assunto.

As estruturas são:

- radial (é o mais simples, quando o indivíduo está aprendendo algo novo, apresenta um só nível hierárquico);
- linear (o entendimento sobre um dado conteúdo é maior que a anterior e apresenta muitos níveis hierárquicos numa sequência linear);
- rede (o nível de entendimento é muito maior que os anteriores e a estrutura passa a ter vários níveis hierárquicos com interações mais complexas). Essa última representa aprendizagem significativa (Aguiar & Correia, 2013; Kinchin, Hay & Adams, 2000).

A Figura 3 mostra os modelos de estruturas cognitivas que são representadas pelo MC.

Figura 3. Modelos para as estruturas cognitivas.

Fonte: a autora.

Para que se tenha um alto poder de representação das estruturas cognitivas, o MC precisa responder a uma pergunta focal por meio de conceitos e proposições claras semanticamente. Essa clareza é conferida às proposições pelo (i) uso de conceitos apropriados e conectados por termos de ligação, que são verbos flexionados, e (ii) o uso correto e formal do idioma. Normalmente as proposições são representadas conforme o modelo:

Conceito 1 — termo de ligação —> *Conceito 2*

Para o bom uso do MC no ambiente escolar, há a necessidade de um treinamento na técnica de mapeamento, em que o aluno e/ou professor, se capacita em todas as características que conferem o alto poder de representação do mapa, tornando-se proficiente na técnica. Dependendo dessa proficiência, é possível obter um MC com baixo poder explicativo (estrutura com poucas proposições) ou com alto poder explicativo (estrutura com muitas proposições) e ainda pode afetar a qualidade e confiabilidade de sua avaliação pelo professor (Correia, Aguiar et al, 2016; Kinchin, 2016; McClure, Sonak, & Suen, 1999; Novak, 2010). Um bom MC pode auxiliar os alunos a romperem as dificuldades de expressar seus conhecimentos e dúvidas ao professor. Pode ainda ser utilizado para auxiliar o professor como um material instrucional, desde que haja consistência pedagógica, ou seja, uma combinação de estratégias de aprendizagem e objetivo instrucional muito claro.

As estruturas radial e linear são bons exemplos de representações de baixo poder explicativo. Esses tipos de estruturas são características em alunos que abrem mão da aprendizagem significativa e optam pela mecânica. A estrutura em rede é o melhor exemplo de representação de alto poder explicativo, pois é um mapa conciso, que possui uma rede de ideias altamente integradas, o que o torna adequado ao público que se deseja atingir. Essa estrutura é típica do especialista (na maioria das vezes o professor), mas que também pode ser alcançada pelos alunos quando eles fazem seu próprio MC e também quando aprendem significativamente o assunto (Aguiar & Correia, 2013; Correia, Aguiar, et al, 2016; Novak, 2010).

Como as estruturas cognitivas apresentadas funcionam na prática do contexto educacional?

Para responder a essa pergunta, considere um professor que tenha um conhecimento muito bem organizado (estrutura em rede) sobre a complexidade do Meio Ambiente, especificamente as Mudanças Climáticas. Para ensinar esse conteúdo, o professor precisa fragmentar sua estrutura cognitiva e formar sequências lineares que sejam didáticas para o entendimento do aluno. É possível e esperado que, após essa sequência, o aluno forme uma estrutura limitada de conhecimento, mesmo se ele entender os conceitos importantes do assunto de forma separada. Isso pode ser verificado quando o aluno é submetido a uma atividade elaborada pelo professor em que se utiliza o MC. A partir daí, o professor pode detectar conceitos que ainda estejam fragmentados na estrutura cognitiva do aluno e ajudá-lo a encontrar maneiras de relacionar esses conceitos entre si. Com isso, é possível que ocorra uma nova mudança na estrutura cognitiva do

aluno, tornando – a mais próxima da estrutura do especialista (Kinchin, Lygo-Baker & Hay, 2008). Essa aproximação entre as estruturas cognitivas é caracterizada pelo conceito de *ressonância pedagógica*. Esse conceito surgiu a partir de estudos e ideias acerca da ação pedagógica e consiste na ponte entre o conhecimento do professor e a aprendizagem do aluno (Trigwell & Shale, 2004).

A Figura 4 mostra os ciclos de aprendizagem que pode ocorrer a partir das transformações na estrutura de conhecimento do aluno considerando o processo de ensino-aprendizagem e que permite efetivar a *ressonância pedagógica* entre professor e aluno.

Figura 4. Ciclos de aprendizagem a partir das transformações da estrutura de conhecimento do aluno após o período de instrução.

Fonte a autora. Adaptado de Correia, Aguiar et al., 2016.

A sequência de 1 – 3 indica transformação na estrutura de conhecimento do aluno após instrução do professor e interação em sala de aula. As setas 4 – 5 referem-se aos caminhos que o aluno pode optar durante o processo de ensino-aprendizagem: (i) se aproximar da estrutura em rede do especialista (desejável) ou (ii) usar somente a sequência didática do professor como principal referência para sua aprendizagem (atalho ainda não desejável), respectivamente.

1.4.1 Mapa Conceitual Com Erros – MCE

Aprender significativamente requer, antes de tudo, a existência de conhecimento prévio na estrutura cognitiva do aluno, vontade em querer aprender e um material potencialmente significativo (Novak; Cañas, 2010).

Quando o professor toma ciência do que o aluno sabe previamente, ele consegue ajudar pontualmente a resolver alguma relação conceitual mal compreendida e ainda pode fornecer uma ou mais devolutivas que possam contribuir para o estabelecimento de conexões. Essas conexões são necessárias entre os conceitos armazenados separadamente na estrutura cognitiva dos alunos.

As devolutivas são importantes para mediar as interações entre alunos e professor durante o processo de construção de significados e a interação professor/aluno favorece a opção pela aprendizagem significativa em detrimento da mecânica que possui alguns aspectos emocionais negativos e pouco (ou nenhum) conhecimento relevante (Correia, Cabral & Aguiar, 2016; Kinchin et al., 2008; Novak, 2010).

Desde a publicação da Teoria Educacional de Novak em 1977, é muito comum, no contexto educacional, o aluno como principal mapeador ou o professor utilizar o MC como material instrucional. Raramente ele é usado como instrumento avaliativo.

A intensa rotina do professor faz com que o uso do MC acabe sendo uma forma de mudar a dinâmica de trabalho em sala de aula e ao solicitar que os alunos elaborem MCs, o professor “ganha” muitas atividades para corrigir e não consegue devolvê-las a tempo de algum aproveitamento dos alunos. Como não há devolutivas, a atividade usando MC restringe-se à observação de quem realizou o que foi solicitado pelo professor. Com outros tipos de atividades que não utilizem MCs o professor pode até se sentir mais confortável, assumindo que os alunos também já estejam mais familiarizados e que possuem as habilidades necessárias para produzir respostas mais confiáveis. No entanto, os professores podem não sentir o mesmo nível de conforto em atividades usando MC (McClure, Sonak, & Suen, 1999). Por conta disso, o professor não vê motivação alguma para incorporar esse recurso em sua rotina diária.

Para se utilizar MC em sala de aula, elaborado pelo aluno, precisa de tempo para a execução dessa atividade, pois eles podem demorar horas para finalizar um MC sobre um dado tema. Um estudo realizado com alunos universitários corrobora esta informação, pois eles levaram em torno de 5h30min (ou 337 min) para elaborar um MC sobre a

temática ambiental, utilizando diferentes materiais de apoio, tanto para a elaboração do MC quanto para compreender o assunto (Murg-Menoyo; Bautista-Cerro; Novo, 2011). Quando o aluno ainda é proficiente na técnica, a produção do seu mapa representa menos ameaça à avaliação precisa do seu conhecimento pelo professor. Com isso, o tempo deve ser compatível com o tempo mínimo necessário para se elaborar tarefas tradicionais de avaliação. Isso se justifica porque o aluno precisa (i) recuperar informações, (ii) selecionar/organizar os conceitos mais relevantes, (iii) adicionar/excluir conceitos de acordo com o que se quer representar, (iv) estabelecer relações entre os conceitos e (v) organizar toda sua estrutura hierárquica. É necessário também levar em consideração o tempo necessário para pontuar ou avaliar os MCs produzidos pelos alunos. Se a avaliação for do conteúdo mapeado, esta pode levar mais de 1 hora para ser finalizada, considerando a quantidade de MCs que foram elaborados (McClure, Sonak, & Suen, 1999). Isso pode refletir em um atraso na entrega de qualquer tipo de devolutiva que o professor poderia dar a cada aluno.

Buscando minimizar o desafio do tempo necessário para que os alunos elaborem os mapas e, estes sejam corrigidos a tempo de alguma consideração importante do professor, em 2016 foi proposta pelo meu grupo de pesquisa uma nova estratégia para ser utilizada em qualquer modalidade de ensino e contexto. Neste caso, o mapeador passa a ser o professor e não mais o aluno, algo que dificilmente é explorado na pesquisa e na educação (Correia et al., 2016).

Ao elaborar o MC, o professor seleciona os conceitos mais relevantes que estejam de acordo com o seu planejamento e objetivos instrucionais, e que os alunos precisam dominar. Esses conceitos ainda incluem erros inseridos pelo professor intencionalmente em proposições que possuem conceitos específicos e importantes para o assunto que está sendo estudado. Isso garante, indiretamente, que as respostas dos alunos tragam informações sobre seu entendimento (e possíveis lacunas conceituais) envolvendo os conceitos inseridos no MC. Por outro lado, isso não é garantido quando o aluno elabora seu próprio MC, pois é ele quem seleciona os conceitos e se ele optar por não inserir aqueles mais relevantes ao professor e que sejam importantes para compreender outros assuntos, a avaliação em torno do seu conhecimento tornar-se-á mais difícil pelo professor. Quando não houver domínio de algum conteúdo específico por parte dos alunos, o professor consegue detectar rapidamente usando o MCE, pois o padrão

considerado correto (gabarito) já está pronto, e assim, a correção e a entrega de devolutivas (que deve existir sempre) aos alunos é mais rápida (Luckesi, 2003).

Na situação em que se utiliza MCE, a estrutura de conhecimento do aluno não é declarada por ele próprio, mas ela poderá ser deduzida a partir de seu desempenho na atividade avaliativa, pois o MC deve revelar informações acerca do conhecimento conceitual do aluno sobre um dado assunto (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996).

Para fins de exemplificação sobre o que é um MCE, considere a Figura 5 que mostra um MC contendo 5 conceitos organizados em 6 proposições, e na proposição 3 (destacada em vermelho) há um erro no termo de ligação.

Figura 5. Exemplo de um MCE.

Fonte: a autora.

O conteúdo do MC trata da consequência em termos de tempo quando o aluno e o professor são mapeadores. O tempo pode ser um complicador quando o aluno é o mapeador. Porém, quando o professor passa a ser o principal mapeador, o tempo pode ser um aliado, pois outras atividades também podem ser desenvolvidas durante a aula. Na proposição 3, afirma-se que o aluno não precisa aprender a técnica de mapeamento, o que não é verdade, pois para se tornar proficiente (seja aluno ou professor) é necessário dominar a técnica de mapeamento. Só é possível identificar esse erro se houver conhecimento mínimo em torno do assunto de mapeamento conceitual.

A Tabela 1 mostra um resumo comparativo da demanda de tempo necessária para a realização de tarefas pelo aluno e professor em torno da elaboração de MC, como mencionado anteriormente, o que corrobora a realização desta pesquisa usando MCE.

Tabela 1. Comparação da demanda de tempo para a elaboração de um MC pelo aluno e professor.

Tarefas	Demanda de tempo	
	Alunos elaborando MC	Professor elaborando MC
Treinamento na técnica	ALTO	BAIXO
Elaboração do MC	ALTO	BAIXO
Avaliação do conhecimento	ALTO	BAIXO
Entrega de devolutivas	ALTO	BAIXO

1.5 Ensino de Ciências

Assim como houve mudança na definição do conceito de Sociedade da Informação para Sociedade do Conhecimento, a educação, a política, a economia e a cultura também mudaram ao longo dos anos e o reflexo dessas mudanças também chegou ao ambiente educacional, com a importância que a Ciência/Tecnologia passou a ter diante do desenvolvimento de vários países, incluindo o Brasil. Isso tornou o Ensino de Ciências e Tecnologias relevante aos olhos de quem esteve à frente das políticas educacionais ao longo do século XX (Krasilchik, 2000; Nascimento, Fernandes & Mendonça, 2010).

Historicamente, a produção científica e tecnológica do Brasil foi regida por ideais acadêmicos e internacionais de se fazer ciência e foi influenciada pela falta de estabilidade política e pelo autoritarismo (Nascimento et al., 2010).

Nos anos 50 as atividades de pesquisa científica e tecnologias eram controladas exclusivamente pelo Estado e isso persistiu ao longo das décadas de 60 e 70, pois o país passava por um novo panorama político de desenvolvimento e a educação brasileira estava a serviço da capacitação de pessoas para um novo mercado de trabalho em ascensão (Bayerl, 2014; Nascimento et al., 2010). Um aspecto importante que marcou o Ensino de Ciências no Brasil na década de 60 foi a entrada de várias teorias cognitivas e construtivistas. Elas tinham o conhecimento como um produto da interação do homem com o seu meio. Devido a isso, elas passaram a ter mais influência no Ensino de Ciências brasileiro, pois traziam a importância dos alunos aprenderem de forma significativa e que isso seria possível com o desenvolvimento de suas habilidades cognitivas. O professor, neste caso, seria um orientador do processo de aprendizagem e as propostas educativas oriundas das teorias reforçavam a necessidade dos alunos não serem mais passivos no processo educacional. Eles deveriam desenvolver uma visão crítica do meio a partir do pensamento científico do pensar, questionar, confrontar, reconstruir e agir em diferentes situações. Na década de 70 o Ensino de Ciências foi muito influenciado por concepções

empiristas. Era necessário que os alunos vivenciassem o método científico para que pudessem realizar suas próprias investigações científicas. Apesar de tudo isso, o Ensino de Ciências continuou sendo desenvolvido de modo informativo e, somente a partir dos anos 80, a Educação e o Ensino de Ciências passaram a ser encarados como uma possibilidade de transformação da sociedade. As teorias cognitivas reforçavam a necessidade dos alunos não serem mais indivíduos passivos no processo de ensino-aprendizagem, pois eles deveriam usar, questionar, confrontar e reconstruir os conhecimentos científicos adquiridos. Apesar de tudo isso, o Ensino de Ciências continuou sendo desenvolvido de forma informal e descontextualizada (Nascimento et al., 2010).

A partir dos anos 80 é que o Estado diminui sua função reguladora. Com isso, a produção científica e tecnológica passou a ser fortemente influenciada pela globalização econômica e critérios de competitividade mundial, o que influenciou a escolha de temas e métodos de pesquisa por grupos que defendiam interesses diversos. Isso teve impacto direto no Ensino de Ciências. Desde então, houve a necessidade de se articular ciência, tecnologia e sociedade em novo panorama, mais complexo, que deixou evidente a falta de conexão da produção científica, tecnológica e as necessidades básicas da população. Nos anos 2000 o Ensino de Ciências passou a ser tratado como uma responsabilidade social e ambiental e que suas questões deveriam ser centrais, de forma a possibilitar aos alunos uma nova visão de mundo em que eles pudessem questionar e melhorar o meio em que vivem das mais variadas formas (Nascimento et al., 2010).

Devido a esse contexto, muitos dilemas nortearam aqueles que trabalham diretamente com o Ensino de Ciências, afinal, é importante formar novos cientistas ou aproximar a Ciência do cidadão comum que faz uso dela em seu cotidiano? (Nardi, 2015).

Graças aos avanços no âmbito social-político-econômico, ocorridos ao longo do século XX, muitas práticas sociais mudaram e consequentemente a forma de pensar também. Mesmo assim, ainda existiam aqueles que defendiam a Ciência para resolução de problemas cotidianos e aqueles que se preocupavam mais com a formação de futuros cientistas (Waldhelm, 2007).

Considerando isso, é necessário e esperado que, durante a prática educacional diária, o aluno busque pelo conhecimento científico. Conhecimento este que é dinâmico, porque se constrói a partir das variadas relações estabelecidas dentro do ambiente educacional (Silva & Moradillo, 2002). Esse conhecimento deve ser alcançado, seja para resolver problemas cotidianos ou para contribuir com a ciência acadêmica.

Neste contexto, o professor passa a ter que desenvolver ações que ajudem os alunos alcançarem os mais altos níveis do conhecimento e também desenvolvam suas habilidades cognitivas. Também precisa avaliar se os significados captados pelos alunos estão de acordo com as ações planejadas previamente por ele. O que não pode acontecer é esperar que todos aprendam da mesma forma (Nascimento et al., 2010; Silva & Moradillo, 2002).

Tudo isso passa pela inserção de recursos na rotina de sala de aula que ajudam o professor a perceber o desenvolvimento dos seus alunos e também pela conscientização (seja de professor e de alunos) diante de constantes e profundas mudanças que norteiam o Ensino de Ciências e Tecnologia.

O MC é um recurso muito importante para auxiliar o professor no desenvolvimento e captação de informações acerca do desenvolvimento das habilidades cognitivas dos seus alunos. Ele de fato, é muito comum no Ensino de Ciências, pois muitos estudos foram desenvolvidos e difundidos a partir dele, inicialmente por Novak, e ao longo de décadas, por tantos outros pesquisadores, inclusive pelo meu grupo de pesquisa (GPMC). O uso do MC no Ensino de Ciências oferece mais oportunidades de interações no ambiente educacional, tanto entre alunos, como entre professor e aluno e se opõe ao determinismo presente em alguns tipos de instrumentos avaliativos, como testes de múltipla escolha (TME) ou nas questões dissertativas que apresentam apenas uma resposta “certa” (Correia, Silva, Romano Junior, 2010).

1.6 Objetivo e pergunta de pesquisa

O objetivo dessa pesquisa foi levantar dados a partir do desempenho de alunos usando o MCE como uma atividade avaliativa para potencializar o uso de devolutivas específicas elaboradas pelo professor e, conseqüentemente, tornar evidente o efeito dessas devolutivas no desempenho dos alunos após um período de instrução (reestudo dirigido).

A pergunta de pesquisa foi: *De que forma o MCE pode ser utilizado como atividade avaliativa para identificar lacunas conceituais e distribuir devolutivas específicas no reestudo dirigido?*

2. REFERENCIAIS TEÓRICOS

Neste capítulo o leitor encontrará as principais referências utilizadas para apoiar a discussão dos resultados desta pesquisa.

Essas referências passam pela Taxonomia de Bloom de 1956 (Bloom, Engelhart, Furst, Hill & Krathwohl, trad., 1972) e a Revisada de 2001, sendo que ambas, em sua essência, consistem na classificação dos objetivos educacionais que norteiam a prática docente e o currículo de programas instrucionais.

Também é importante contextualizar a avaliação educacional, especialmente no ensino superior. Entre as variadas visões sobre o assunto, a de Luckesi (2011) foi a que mais contribuiu para o norteamento deste trabalho, pois ele traz a importância, por exemplo, de se utilizar os erros do aluno como uma forma de crescimento e melhoria para ele. A partir dele, foi possível se aproximar de Perrenoud (1999) para discutir a avaliação formativa. Neste modelo de avaliação, o foco está no aluno e este deve ser o principal objetivo durante a prática docente. É muito importante também o uso de devolutivas que são recursos imprescindíveis para ajudar o aluno a regular sua aprendizagem.

2.1 Taxonomia de Objetivos Educacionais (Taxonomia de Bloom)

Os objetivos educacionais que estão presentes nos currículos e contidos numa ideia de classificação surgiram a partir de várias conferências da Associação Americana de Psicologia nos EUA no período entre 1949 e 1953. O propósito era facilitar a comunicação entre especialistas em avaliação, bem como pesquisadores da área educacional e de desenvolvimento de currículo. Em se tratando desse documento, não é algo tão simples de se fazer, pois ele está baseado no comportamento do professor, no comportamento esperado do aluno e em métodos de ensino (Bloom et al., trad., 1972).

Considerando isso, Bloom e colaboradores propuseram um sistema de classificação dos objetivos educacionais, denominado como Taxonomia, em que a mudança de comportamento do aluno, diante das experiências vividas, pudesse ser verificada. Esse comportamento está diretamente associado ao conhecimento, capacidades e habilidades intelectuais, partes importantes do domínio cognitivo. Este domínio, por sua vez, se preocupa com os comportamentos vinculados a memória, raciocínio, lógica, solução de problemas, criação, e ao desenvolvimento de capacidades e habilidades, fundamentais para a avaliação.

O domínio cognitivo está organizado em categorias de forma hierárquica, segundo o nível de complexidade do comportamento mental exigido, ou seja, do mais simples e concreto ao mais complexo e abstrato. Por exemplo, existem problemas que exigem somente um tipo de comportamento do aluno (lembrar algo). Estes são mais fáceis de serem resolvidos quando comparados com aqueles que exigem uma combinação de diferentes comportamentos (lembrar e analisar algo) (Bloom et al, trad., 1972).

As categorias do domínio cognitivo são: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Os detalhes, de acordo com o nível de complexidade estabelecidos por Bloom e colaboradores, seguem na sequência.

Conhecimento. Essa categoria inclui os comportamentos relacionados a evocação de ideias, materiais e fenômenos necessários para resolver problemas. Embora o conhecimento perpassasse todas as outras categorias fundamentais e mais complexas da Taxonomia, nessas, a evocação é um aspecto complexo de relacionamento, julgamento e reorganização.

A categoria do conhecimento possui subcategorias em que cada uma existe um tipo de conhecimento que o aluno precisa ter para resolver problemas. As principais ideias de cada subcategoria são apresentadas a seguir.

1. Conhecimentos específicos: evocação de porções específicas e isoláveis de informação.
 - a. Conhecimento de terminologia: conhecimento de símbolos específicos verbais ou não verbais. Inclui ainda conhecimento de terminologias.
 - b. Conhecimento de fatos específicos: datas, acontecimentos, pessoas, lugares, fontes de informações, entre outros.
2. Conhecimentos de modos e meios de tratar com específicos: modos de organizar, estudar, julgar e criticar ideias e fenômenos.
 - a. Conhecimento de convenções: modos de tratar e apresentar ideias e fenômenos. Inclui processo para elaboração de mapas e dicionários, normas, regras nas áreas acadêmicas.
 - b. Conhecimento de tendências e sequências: processos, direções e movimentos de fenômenos com respeito ao tempo. Esse tipo de conhecimento normalmente é mais difícil porque envolve ações e processos que não são representáveis.

- c. Conhecimento de classificações e categorias: agrupamentos, divisões e arranjos para um campo, propósito ou problema.
 - d. Conhecimento de critérios: fatos, princípios, opiniões e condutas são testadas e julgadas.
 - e. Conhecimento de metodologia: métodos de indagação, técnicas e procedimentos em uma determinada área.
3. Conhecimento de abstrações de uma determinada área: principais esquemas e modelos gerais de organização de fenômenos e ideias que são próprios de uma área ou campo.
- a. Princípios e generalizações: abstrações específicas que sintetizam observações de fenômenos. O aluno tem que ser capaz de reconhecer as generalizações corretas da área em estudo.
 - b. Teorias e estruturas: formulações mais abstratas que mostram as interrelações e a organização de conhecimentos específicos.

Compreensão. Essa categoria é a mais cobrada no ambiente escolar, pois espera-se que o aluno seja capaz de entender o conteúdo trabalhado e consiga fazer algum uso dos materiais ou ideias em momentos diversos, que não só a sala de aula.

Nesta categoria existem alguns comportamentos que devem ser considerados, tais como:

- a. Translação: o aluno organiza uma comunicação em um outro tipo de linguagem. Neste caso, a competência individual é avaliada, pois depende de pré-requisitos ou conhecimentos anteriores.
- b. Interpretação: exige que o aluno tenha competência para reconhecer a distinguir o que é ou não essencial dentro de uma comunicação e alguma facilidade em generalizar.
- c. Extrapolação: inclui estimativas baseadas em tendências descritas na comunicação. Envolve inferências relativas a implicações e consequências.

Aplicação. É a terceira categoria hierárquica da Taxonomia e, assim como todas as anteriores e aquelas de níveis mais elevados, a aplicação requer capacidades e habilidades da categoria inferior. Ou seja, para se aplicar algo é necessário que se compreenda o que é exigido no problema, sejam métodos, teorias ou abstrações.

Análise. As habilidades dessa categoria pertencem a um nível mais avançado do que as anteriores. Esta se constitui no modo operacional como uma etapa necessária à avaliação. Em termos de objetivos, essa categoria pode ser apresentada em três tipos de níveis que são:

- a. Análise de elementos: o aluno tem que ser capaz de desdobrar os elementos do material em suas partes constitutivas a fim de classificar ou identificar elementos.
- b. Análise de relações: é exigido do aluno que ele torne explícitas as relações entre os elementos para que possa identificar conexões e interações.
- c. Análise de princípios de organização: esta abrange a reconhecimento dos princípios de organização.

Síntese. Esta categoria une elementos e partes para formar um todo. O aluno ganha oportunidades de desenvolver um comportamento criador, pois nesta categoria a singularidade e a originalidade são atribuições importantes, diferente das categorias inferiores que não exigem esse tipo de capacidade e habilidade. Existem três tipos de síntese:

- a. Comunicação singular: objetivos residem na comunicação – transmissão de ideias, sentimentos e experiências.
- b. Produção de um conjunto de operações: foco está na produção, que constitui um ato de síntese. O plano pode ser feito em partes e por muitas pessoas e ainda deve satisfazer aos requisitos da tarefa.
- c. Relações abstratas: o aluno precisa produzir um conjunto de relações ou ideias abstratas como aquelas em que se estuda fenômenos concretos e aquelas em que ele deve deduzir diversas relações com base em outras.

Avaliação. É a categoria que está no topo da Taxonomia e isso não é por acaso, porque é necessário que o aluno passe por todos os outros níveis inferiores para ser capaz de avaliar algo. A avaliação é um processo de julgamento de valor, trabalhos, ideias, métodos, entre outros. Implica no uso de critérios e padrões que podem ser qualitativos ou quantitativos.

O ser humano julga a todo momento, avalia, valoriza ou desvaloriza algo: é de sua natureza. Por isso a avaliação ainda pode ser apresentada em duas possibilidades:

- a. Julgamento em termo de evidência interna: avaliação da exatidão a partir de uma lógica, coerência e outros critérios. Neste caso, o aluno toma a própria decisão, em termos de avaliação, ao ter compreendido e analisado um trabalho.
- b. Julgamento em termos de critérios externos: avaliação de material com referência a critérios evocados ou selecionados, ou seja, conhecidos. A classificação de fenômenos neste caso é importante pois um trabalho de história, por exemplo, deve ser julgado de acordo com os critérios específicos da área.

A Figura 6 mostra, de maneira resumida, a primeira ideia de Taxonomia que foi estabelecida por Bloom e colaboradores em 1956. Para cada categoria foi adicionada a descrição do comportamento esperado do aluno a partir dos comportamentos mentais.

Figura 6. Taxonomia de Bloom para o domínio cognitivo e a descrição do comportamento esperado do aluno para cada categoria.

Fonte: a autora. Adaptado de Bloom et al. (trad., 1972).

2.2 Taxonomia Revisada de Bloom

A Taxonomia original de 1956 tinha como característica aspectos substantivos ou frases substantivas (referente ao conteúdo) e verbo ou frases verbais (referente ao processo cognitivo) que formavam a categoria conhecimento. Estes representavam uma hierarquia cumulativa (do nível mais simples para o mais complexo), ou seja, o domínio de uma categoria era pré-requisito para a próxima. Essa Taxonomia era considerada unidimensional devido a característica dupla da categoria Conhecimento. Após 45 anos da publicação da Taxonomia original, foi publicada em 2001, a Taxonomia Revisada de Bloom com mudanças importantes em relação ao conteúdo e processos cognitivos. As mudanças que ocorreram foram: substantivos passaram a verbos e as subcategorias foram substituídas por verbos no gerúndio. Para o primeiro caso, três categorias foram renomeadas (compreensão passou a compreender, aplicação passou a aplicar e análise passou a analisar) e duas categorias foram trocadas de lugar entre si e renomeadas também (síntese passou a criar e avaliação passou a avaliar) como mostra a Tabela 2 (Krathwohl, 2002).

Tabela 2. Dimensão dos Processos Cognitivos da Taxonomia Revisada de Bloom.

Verbos de ação	Descrição de cada processo cognitivo
Lembrar	Recordar/Identificar conhecimento relevante. Subcategorias: reconhecendo, recordando e identificando.
Compreender	Determinar o sentido da mensagem instrucional. Subcategorias: entendendo, interpretando, classificando, exemplificando, sumarizando, inferindo, comparando e explicando.
Aplicar	Conduzir um procedimento baseado em fatos, regras e conceitos. Subcategorias: executando e implementando.
Analisar	Separar as partes constituintes de um material, procurando por interrelações. Subcategorias: diferenciando, organizando e atribuindo.
Avaliar	Julgar as partes de informação com base em critérios e valores Subcategorias: checando e criticando.
Criar	Combinar partes para fazer um material novo e mais coerente. Subcategorias: planejando, gerando e produzindo.

Fonte: a autora. Adaptado de Krathwohl, 2002.

Na Taxonomia Revisada, as declarações dos objetivos consistem em substantivos e um verbo de ação. Essa separação entre substantivos e verbos transformou a Taxonomia Original unidimensional em bidimensional. Ou seja, substantivo passou à dimensão do Conhecimento e os verbos passaram à dimensão dos Processos Cognitivos como foi apresentado na Tabela 1 (Krathwohl, 2002).

Na Taxonomia Revisada, a dimensão dos Processos Cognitivos teve as seis categorias e a hierarquia do nível mais simples ao mais complexo mantidas como na original. Com isso, também passou a ser possível classificar os objetivos de acordo com as habilidades dos processos cognitivos. Essas habilidades são denominadas como: (i) Habilidades de Baixa Ordem Cognitiva (*lower-order cognitive skills – LOCS*) que consistem em lembrar e conhecer o conteúdo. Neste caso, o aluno precisa recuperar a informação ou simplesmente aplicá-la de acordo com uma teoria ou conhecimento em contextos familiares e (ii) Habilidades de Alta Ordem Cognitiva (*higher-order cognitive skills – HOCS*) que consistem na tomada de decisão, resolução de problemas, soluções e conhecimentos (Tsaparlis & Zoller, 2003).

Considerando o exposto, a Figura 7 compara a Taxonomia original (1956) e a Taxonomia Revisada (2001).

Figura 7. Comparação entre a Taxonomia de Bloom original e a versão Revisada.

Fonte: a autora. Adaptado de Krathwohl, 2002.

A estrutura da dimensão do Conhecimento, estabelecida na Taxonomia Revisada, consiste em quatro categorias que são: Conhecimento Factual, Conceitual, Procedimental e Metacognitivo (Krathwohl, 2002). Cada categoria possui subcategorias essenciais a cada tipo de conhecimento. A Figura 8 mostra a organização da dimensão do Conhecimento conforme descrito acima.

Figura 8. Dimensão do Conhecimento da Taxonomia Revisada de Bloom.

Fonte: a autora. Adaptado de Krathwohl, 2002.

A possibilidade de representar os objetivos em uma forma bidimensional, permitiu relacionar uma (ou mais) dimensão do Conhecimento e um (ou mais) Processo Cognitivo. Como forma de exemplificação e considerando o contexto desta pesquisa, é interessante apresentar um exemplo de classificação de objetivos em torno de uma atividade em que o aluno precisa realizar a leitura de um mapa conceitual e executar uma ação, de acordo com uma instrução, como segue na sequência.

Objetivo 1(Obj 1): Ler um mapa conceitual pronto e lembrar do tema.

Objetivo 2 (Obj 2): Selecionar o material instrucional do qual foi retirado cada conceito do mapa.

Objetivo 3 (Obj 3): Encontrar erros no mapa.

A Tabela 3 mostra a classificação desses três objetivos quando o aluno precisa ler um mapa conceitual.

Tabela 3. Classificação dos objetivos de uma atividade usando MCE.

Dimensão do Conhecimento	Dimensão dos Processos Cognitivos					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Factual				<i>Obj 2</i>		
Conceitual	<i>Obj 1</i> <i>Obj 2</i>				<i>Obj 3</i>	
Procedimental						
Metacognitivo					<i>Obj 3</i>	

Fonte: a autora. Adaptada de Krathwhol, 2002.

O exemplo mostra que ao realizar a leitura de um MC pronto, o aluno precisa lembrar de conceitos que estão relacionados em uma rede de proposições e selecionar adequadamente o material instrucional de onde esses conceitos foram retirados. Como parte da atividade, ainda é necessário que ele julgue corretamente o conteúdo contido nas proposições. Para que isso de fato ocorra, o aluno precisa estar ciente de sua cognição, intelecto e habilidades necessárias à realização da atividade.

O exemplo utilizado reforça que nem todas as partes da Tabela precisam estar preenchidas e mais de um objetivo pode ser classificado da mesma forma. Qualquer outra atividade usando MC poderá preencher mais a Tabela, desde que os objetivos estejam devidamente declarados.

2.3 Avaliação Educacional

A avaliação é algo que está implícito no comportamento das pessoas. A todo momento alguém é avaliado ou avalia alguma coisa. Por exemplo, para se adquirir um bem material desejável é necessário avaliar os recursos que se tem disponíveis, para se ganhar um jogo ou ainda uma ação judicial, é necessário avaliar os riscos e as melhores estratégias. Na educação não é diferente. Tradicionalmente, o professor avalia o aluno e atribui valor à essa avaliação, indicando se ele está apto ou não para avançar aos próximos níveis de ensino.

Historicamente a avaliação serviu para diferentes objetivos, na China (3000 a.C.), por exemplo, era usada para selecionar soldados para integrar o exército e na Escola Moderna (desde o século XVI), uma forma de punir àqueles que não atendiam as regras. Essa característica seletiva da avaliação busca sempre por um ranking em que somente os melhores são escolhidos ou avançam para a fase seguinte (Luckesi, 2011).

A prática da seleção ocorre diariamente em diferentes lugares, seja em empresas que buscam por novos colaboradores ou ainda em concursos públicos, universidades, entre outros. Para ingressar no ensino superior, por exemplo, a avaliação é indispensável, tanto que as escolas funcionam no formato de preparação para esse tipo de prova seletiva, como o vestibular. Na maioria das vezes o que interessa mais aos pais, sistemas de ensino, a própria escola e os alunos, é a nota final que levará à uma promoção. Se houve ou não aprendizagem, é o que menos importa. Isso reforça a prática da pedagogia do exame, muito comum desde o século XVI. Essa prática é caracterizada pelo julgamento das ações do aluno pelo professor, o que gera a promoção, e neste sentido, ao invés do aluno ir à escola para aprender, ele é submetido a um processo seletivo (Luckesi, 2011).

No Brasil, os primeiros estudos acerca da avaliação da aprendizagem, como se conhece atualmente, iniciaram na Década de 60, mas o propósito era verificar a aprendizagem e classificar os alunos, ou seja, continuar com o mesmo modelo tradicional fortemente enraizado na Educação do país. Por isso, segundo Luckesi (2011) há uma necessidade de mudança da avaliação classificatória para a diagnóstica, porque nesta última há a possibilidade de inclusão do aluno no processo avaliativo. Com esta inclusão, o aluno ganha a oportunidade de compreender seu desempenho e busca maneiras de melhorar a partir da orientação do professor.

A avaliação diagnóstica, como sugere Luckesi (2011), é algo recente na história. A aproximação ao assunto começou na Década de 30 com Ralph Tyler. Ele tentou acabar com a ideia de mensuração que existia nas avaliações, depois de perceber que o índice de reprovação nas escolas dos EUA era muito grande. Ele trouxe um modelo de avaliação curricular que previa o uso de devolutivas para alcançar melhorias. Este modelo, seria então, eficiente e estaria pautado em objetivos que o aluno deveria aprender e que o professor deveria fazer com que ele aprendesse.

É importante que se aprenda a avaliar, pois o que mais se pratica ainda são os exames e não avaliações, e, o resultado obtido pelo aluno, quando apresentado na forma de uma medida, não mostra tudo o que realmente ele sabe ou aprendeu (Luckesi, 2011).

E por que é melhor avaliar do que examinar?

Examinar busca a verdade em alguma coisa, não há perspectiva de orientação por parte do professor. Avaliar é atribuir valor ou qualidade ao que o aluno faz. Neste caso, existe uma orientação do professor no sentido de intervir na ação do aluno (Luckesi, 2011). Contudo, é na avaliação diagnóstica que essa orientação pode aparecer, pois é característica dela que haja uma preocupação do professor com relação ao crescimento do aluno e a busca pelo nível de conhecimento que ele apresenta no momento da avaliação (como um diagnóstico médico).

A preocupação do professor em torno do crescimento do aluno, também favorece que ele próprio faça uma autoavaliação da sua prática, buscando sempre o desenvolvimento de novos métodos que possam aperfeiçoar e melhorar a aprendizagem.

2.3.1 Avaliação Formativa

A avaliação formativa, segundo Perrenoud (1999), se define como uma fonte de regulação presente na prática das avaliações contínuas que buscam contribuir para melhorar a aprendizagem. Essa prática das avaliações contínuas valorizam o erro do aluno e, segundo Luckesi (2011) se o aluno não entendeu um conteúdo, ele não aprendeu e para que exista aprendizagem é necessário que os conteúdos sejam compreendidos. Por isso, as devolutivas são parte da avaliação formativa e devem ser utilizadas após a realização das avaliações, quando os erros são detectados pelo professor.

Mas o que é um erro?

O erro é resultado de uma ação que existe, quando há um padrão correto de resposta. Se não há padrão, não há erro. Para que ocorram as mudanças desejadas é importante que a avaliação contenha questões sem ambiguidades, que, por sua vez, abordem um só assunto e sejam claras. Assim, os erros podem ser identificados, contabilizados e compreendidos de acordo com o padrão correto de respostas, previamente estabelecido pelo professor em seu planejamento curricular (Luckesi, 2011).

A avaliação formativa é essencial para uma pedagogia diferenciada, pois se caracteriza como fonte de regulação que busca contribuir para melhorar a aprendizagem do aluno e verificar se o caminho está sendo satisfeito. Regulação é um conceito que se define como um conjunto de operações metacognitivas do sujeito e as interações com o meio, de forma que seus processos de aprendizagem passem por modificações no sentido de um objetivo definido de domínio. Toda avaliação em que existe a chance do aluno

melhorar ou de participar da regulação da aprendizagem é considerada formativa. É uma forma de remediação por parte do professor que pode levar à reconstrução de elementos importantes da aprendizagem do aluno que as vezes retrocede em relação a esses processos. Se o professor tem de fato interesse e preocupação com a aprendizagem do aluno, ele deve considerar importante o ajuste do conteúdo e do ritmo de sua prática (Perrenoud, 1999).

A partir do exposto, buscou-se por conexões entre as principais referências utilizadas até aqui e que dão suporte para esta pesquisa. A Figura 9 mostra um MC com essas conexões.

Figura 9. MC com as principais relações entre os referenciais teóricos da pesquisa.

Fonte: a autora.

O MC mostra que a partir da Taxonomia de Bloom (1956) e da Taxonomia Revisada (2001) (cor azul no MC) é possível chegar a processos avaliativos e apresentar possibilidades que favoreçam a aprendizagem (cor verde no MC). As conexões entre os referenciais teóricos ocorrem por meio do currículo, métodos de ensino e domínio cognitivo (cor laranja no MC) e passam pelo professor e aluno que são sujeitos do processo (laranja claro no MC). Sobre o domínio cognitivo, este tem uma importância fundamental no processo de avaliação e é organizado em categorias hierárquicas, o que favorece o uso de MC como uma atividade avaliativa. O currículo é baseado nos princípios do professor e em seus métodos de ensino e ainda apresenta o que se espera do aluno em termos de desenvolvimento cognitivo após um período de instrução. Tudo isso leva à avaliação que pode ser, entre outros tipos, diagnóstica e formativa. Em ambas, existe a preocupação com a inclusão do aluno no processo avaliativo, pois os erros cometidos por ele são considerados como algo importante para que sejam elaboradas devolutivas que, por sua vez, ajudem no entendimento do assunto.

3. ESTUDO 1: IDENTIFICAÇÃO DE LACUNAS CONCEITUAIS POR MEIO DE UMA ATIVIDADE AVALIATIVA USANDO MCE

Neste capítulo, o leitor encontrará o objetivo do Estudo realizado em 2017, os métodos utilizados para a coleta e análise de dados, bem como os principais resultados obtidos.

3.1 Objetivos e pergunta de pesquisa

O objetivo deste Estudo foi avaliar o desempenho dos alunos e explorar os dados empíricos obtidos em uma atividade avaliativa usando MCE.

Com os dados foi possível identificar as lacunas conceituais e potencializar a elaboração de devolutivas a partir dos materiais da disciplina de CN. Adicionalmente, foi possível caracterizar (i) o nível de dificuldades das proposições que tiveram os erros inseridos no MC, (ii) o desempenho da turma e (iii) o padrão de similaridade de desempenho entre os alunos.

A pergunta que norteou este Estudo foi: *Como uma atividade avaliativa usando MCE pode contribuir na identificação de lacunas conceituais e na elaboração de devolutivas específicas?*

Para responder essa pergunta, o capítulo foi dividido em algumas seções que descreverão e detalharão quais foram os passos adotados para obtenção dos principais resultados.

3.2 Contexto da pesquisa

Este Estudo ocorreu no âmbito do Ensino Superior com alunos que cursaram a disciplina de Ciências da Natureza, CN (n = 85) na Escola de Artes, Ciências e Humanidades do campus Leste da Universidade de São Paulo (EACH/USP) no 1º semestre de 2017. Essa disciplina faz parte do componente curricular do Ciclo Básico desta instituição de ensino, que por sua vez, corresponde a um conjunto de seis disciplinas obrigatórias ofertadas aos alunos ingressantes de todos os cursos oferecidos pela EACH/USP. Atualmente, são oferecidas 11 cursos de graduação: Licenciatura em Ciência da Natureza, Gestão Ambiental, Gestão de Políticas Públicas, Gerontologia,

Biotecnologia, Educação Física e Saúde, Lazer e Turismo, Marketing, Obstetrícia, Sistemas da Informação e Têxtil e Moda.

A disciplina de CN é composta por 15 aulas distribuídas ao longo de 3 Blocos temáticos (Bloco 1: Universo, Bloco 2: Mudanças Climáticas e Bloco 3: Bioética), que por sua vez, possuem 5 aulas cada, com duração de 100 minutos. Ao término de cada bloco é realizada uma avaliação que contempla o conteúdo trabalhado. Na Figura 10, está representada de forma simplificada, a organização geral dessa disciplina. As aulas 5, 10 e 15, são aquelas em que ocorrem as avaliações dos respectivos blocos.

Figura 10. Organização da disciplina de CN. A: Aula.

Fonte: a autora.

Para cada aula da disciplina existem materiais, como textos e vídeos, que servem de preparação às discussões em sala de aula ou revisão de conteúdo pós aula. Também existem atividades que os alunos desenvolvem antes, durante e após cada aula. A Tabela 4, mostra o detalhamento dos materiais do Bloco 2, bem como o momento em que eles foram utilizados na disciplina.

Tabela 4. Materiais selecionados previamente pelo professor para o Bloco 2 da disciplina de CN (2017/2018). “Continua”

Materiais de preparação para a aula	Conteúdo do material	Identificação do material	Formato do material		Momento de uso do material no Bloco 2			
		(ID)	Texto (T)	Vídeo (V)	Aula 6	Aula 7	Aula 8	Aula 9
Mudanças Climáticas e Desenvolvimento (<i>José Goldemberg</i>)	Problemas ambientais	T ₁	X		X			
Carlos Nobre no Roda Viva (Bloco 1)	Entrevista com pesquisador ligado ao IPCC	V ₁		X	X			
COP15: Apontamentos de Campo (<i>Sérgio Abranches</i>)	COP 15	T ₂	X			X		
Estimativas anuais de emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil	Dados e projeções do clima (IPCC)	T ₃	X			X		
Carlos Nobre no Roda Viva (Bloco 2)	Entrevista com pesquisador ligado ao IPCC	V ₂		X		X		
Cientistas sob ataque - FAPESP	IPCC	T ₄	X				X	

Materiais de preparação para a aula	Conteúdo do material	Identificação do material	Formato do material		Momento de uso do material no Bloco 2			
		(ID)	Texto (T)	Vídeo (V)	Aula 6	Aula 7	Aula 8	Aula 9
O homem do clima – FAPESP	Desafios do presidente do IPCC frente à instituição	T ₅	X				X	
Carlos Nobre no Roda Viva (Bloco 3)	Entrevista com pesquisador ligado ao IPCC	V ₃		X			X	
Paulo Saldiva no TED x São Paulo: Racismo Ambiental	Impactos ambientais na saúde humana	V ₄		X			X	
5 Tecnologias Brasileiras que transformaram o agronegócio	Tecnologias para o agronegócio	T ₆	X					X
Carlos Nobre no Roda Viva (Bloco 4)	Entrevista com pesquisador ligado ao IPCC	V ₅		X				X

Fonte: a autora.

3.3 Coleta de dados

A coleta de dados ocorreu durante a avaliação formal na aula 10. Essa coleta aconteceu presencialmente em um Laboratório de Informática da EACH/USP em maio de 2017.

A Figura 11, mostra o momento da disciplina em que essa coleta ocorreu e o detalhamento das etapas necessárias à realização da atividade avaliativa.

Figura 11. Coleta de dados do Estudo 1.

Fonte: a autora.

Treinamento dos alunos na técnica de mapeamento: para que se atingisse o efeito desejado com a atividade avaliativa, os alunos tiveram um período de treinamento em mapeamento conceitual realizado durante o Bloco 1 de CN cujo tema era o Universo (Aulas 1 a 4). Este treinamento foi importante para que eles se sentissem a vontade e seguros com este instrumento em sala de aula e pudessem revelar (indiretamente) o nível de facilidade ou dificuldade com relação ao conteúdo tratado no MCE. Ao professor a praticidade foi na obtenção de dados da turma e de grupos de alunos que pudessem corroborar a tomada de decisão em torno do seu planejamento (Correia, Infante-Malachias, & Godoy, 2008).

Orientações gerais para a atividade avaliativa: informes sobre os procedimentos da avaliação, objetivos e assinatura da presença digital no e-Disciplinas. Esta etapa durou aproximadamente 10 minutos, pois os alunos já conheciam os procedimentos utilizados pelo professor porque foram os mesmos no Bloco 1.

Orientações para o MCE: explicação da tarefa, como acessar o SERO!³ e como manusear o MCE dentro dele. Esta etapa de explicação durou aproximadamente 30 minutos para que fosse apresentada a plataforma e como os alunos deveriam acessá-la.

MCE no SERO!: Os alunos deveriam identificar as proposições incorretas clicando diretamente sobre elas. Essa forma de realizar a atividade, tornou o processo dinâmico, pois o aluno conseguia mexer diretamente no MC. Esta tarefa teve duração de 15 minutos controlados pelo professor.

3.3.1 Atividade avaliativa: MCE

O MC foi elaborado pelo professor com o auxílio do programa CmapTools⁴ e disponibilizado aos alunos por meio da plataforma SERO! no momento da avaliação. Este MC continha 27 conceitos ligados entre si por termos de ligação, formando 31 proposições, sendo 12 delas contendo erros inseridos intencionalmente pelo professor.

A Figura 12 mostra o MCE utilizado como atividade avaliativa pelo professor no Bloco 2 da disciplina de CN.

³ Plataforma utilizada para criar a atividade usando MCE. Disponível em <https://www.serolearn.com/>. [maio 2017].

⁴ Programa criado e desenvolvido pelo Institute for Human and Machine Cognition (IHMC), na Flórida. Ele permite construir, navegar, compartilhar e criticar modelos de conhecimento representados como mapas conceituais. Disponível gratuitamente em <http://cmap.ihmc.us/>

Figura 12. MCE utilizado como atividade avaliativa. Os destaques em vermelho são os erros conceituais inseridos pelo professor. *Pergunta Focal: Como a sociedade contemporânea está respondendo a intensificação das Mudanças Climáticas?*

Fonte: Professor de CN.

A proposição P₂ (*Intensificação das mudanças climáticas - é responsável pelo → aumento da quantidade de tsunamis*) tratou da relação entre a intensificação das Mudanças Climáticas e o aumento da quantidade de tsunamis. Esse conteúdo foi abordado no vídeo V₃, em que Carlos Nobre⁵ comentou que as Mudanças Climáticas estão acelerando e o efeito é devido aos gases acumulados há anos na atmosfera. Ainda segundo Carlos Nobre, não há qualquer hipótese natural que explique a intensificação das Mudanças Climáticas, como sugere o conteúdo da proposição.

⁵ Cientista brasileiro considerado uma referência em estudos sobre o clima e aquecimento global.

A proposição P₃ (*Intensificação das mudanças climáticas - é confirmada por todos → estudos científicos*) tratou da intensificação das Mudanças Climáticas que é confirmada por todos os estudos científicos. O vídeo V₃ abordou o conteúdo desta proposição. Neste caso, Carlos Nobre comentou que já existe uma certeza científica sobre as Mudanças Climáticas e isso vem exatamente dos últimos relatórios emitidos pelo IPCC. O texto T₄ trouxe uma abordagem que apontou para as atividades desenvolvidas pelo IPCC e os tipos de documentos que a instituição emite periodicamente. Esses documentos mostram dados que sugerem que as Mudanças Climáticas estão se intensificando constantemente. Devido a isso, parte da comunidade científica (cientistas céticos do clima) tenta provar o contrário, utilizando dados reais do clima e sugerindo que nem todos os estudos científicos podem confirmar a intensificação das Mudanças Climáticas no planeta.

A proposição P₄ (*Intensificação das mudanças climáticas - é a causa da → emissão antrópica cumulativa de gases do efeito estufa*) tratou da intensificação das Mudanças Climáticas como causa da emissão antrópica cumulativa de Gases de Efeito Estufa (GEE), o que não é verdade. Neste caso, o erro inserido pelo professor foi a inversão de seta do MC, e, quando isso acontece, a clareza da proposição pode ficar comprometida. Mesmo assim, vários materiais de CN fizeram abordagem sobre o assunto dessa proposição. Por exemplo, em V₁ e V₂, Carlos Nobre comentou sobre a certeza científica em torno da emissão antrópica cumulativa desses gases, indicando que a ação humana influencia na dinâmica da atmosfera. Para ele, os efeitos do presente são efeitos de emissões que ocorreram há décadas. Outros materiais da disciplina de CN que também abordaram o conteúdo dessa proposição, foram os textos T₄ e T₅. O primeiro, trouxe a abordagem em torno da certeza científica e o segundo, apresentou uma entrevista com o presidente do IPCC em que ele responde sobre os desafios à frente da instituição. Nessa entrevista, ele abordou os efeitos cumulativos de GEE devido a ações antrópicas.

A proposição P₉ (*Modelos matemáticos que descrevem cenários futuros – são imprecisos e comprometem → processo de tomada de decisão*) tratou do uso impreciso dos modelos matemáticos para a tomada de decisão. Neste caso, o conteúdo dessa proposição teve relação com o texto T₃ que trata de um relatório anual de emissões do IPCC no Brasil. Neste documento foram apresentados dados e projeções em diferentes setores estratégicos para o país como Energia, Indústria, Agropecuária, Terra/Florestas e Tratamento de Resíduos. Os dados e as projeções em diferentes cenários orientam qualquer tomada de decisão.

A proposição P₁₀ (*Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) – é formado por → políticos*) tratou da formação do IPCC. Os materiais que abordaram esse conteúdo foram: T₄, T₅, V₁ e V₂. Neste caso, tanto nos textos, quanto nos vídeos, ficou evidente que o IPCC é formado por cientistas e não políticos como sugere o conteúdo da proposição.

A proposição P₁₅ (*Políticos – conseguiram aumentar significativamente a → ação conjunta dos países em nível global*) tratou das ações conjuntas promovidas globalmente pelos políticos, que está incorreto. O material que fez abordagem sobre esse assunto foi V₃. Neste vídeo, Carlos Nobre comentou e enfatizou por várias vezes que é possível, do ponto de vista tecnológico, que os países consigam atingir metas que visam o processo de adaptação, de acordo com os dados e relatórios do IPCC. Mas isso não ocorre porque, segundo ele, o processo está muito lento do ponto de vista global. Isso sugere que as ações políticas conjuntas ainda não impactaram (e não impactam) de forma significativa no planeta, pois poucos países aderiram aos caminhos de promover ações que atendem às demandas do clima.

As proposições P₁₆ (*Processo de tomada de decisão – não sofre interferência da → sociedade civil organizada*) e P₁₇ (*Sociedade civil organizada – mal acompanhou a → Conferência das Partes 15 (COP 15)*) trataram do protagonismo da sociedade civil frente as Mudanças Climáticas, a partir da grande divulgação que ocorreu em torno da COP 15. Os materiais que abordaram esse conteúdo foram: T₂ e V₂. O texto trouxe a importância da mobilização da sociedade civil em torno do assunto Mudanças Climáticas e o vídeo a opinião de Carlos Nobre com relação a sociedade civil organizada. Para ele, há uma força na sociedade que pode interferir nas políticas públicas relacionadas ao bem estar, qualidade de vida e meio ambiente.

A proposição P₁₉ (*Acordo de Copenhague – foi uma resposta satisfatória frente às necessidades do → processo de adaptação*) tratou da eficiência do Acordo de Copenhague em torno do processo de adaptação frente as Mudanças Climáticas. O texto T₂ foi o material que trouxe essa abordagem. Parte do texto tratou do fracasso desse Acordo e que ele não foi uma resposta satisfatória para o processo de adaptação, como sugere a proposição.

As proposições P₂₀ (*Processo de tomada de decisão – deve envolver a partir de agora → pequenos cortes nas emissões de gases de efeito estufa*) e P₂₂ (*Processo de tomada de decisão – envolveu no passado → grandes cortes nas emissões de gases de efeito estufa*) trataram dos cortes nas emissões. Para ambos os casos, o vídeo V₁ foi o

material que fez essa abordagem. Nesse vídeo, Carlos Nobre comentou sobre os cortes nas emissões do passado e o que precisa ser feito no presente para que se tenha um processo de adaptação mais ameno em torno das Mudanças Climáticas no futuro.

Por fim, a proposição P₂₈ (*Utilização intensiva por fontes de energia renovável – ocorre de forma relevante nos → EUA*) tratou do uso de energia renovável pelos EUA. O suporte foi dado com o vídeo V₁. Neste vídeo, Carlos Nobre comentou que os EUA tem um potencial tecnológico muito grande, mas não ganha escala e não tem liderança alguma no que diz respeito a energia renovável.

A partir da descrição sobre o conteúdo de cada proposição incorreta do MC, classificou-se previamente cada uma em categorias de conteúdo. Essas categorias foram: Fenômeno (FEN), Política (POL), Ciência (CIE), COP (COP 15) e Energia (ENE).

A Tabela 5 apresenta, de forma resumida, a categoria de conteúdo de cada proposição e a relação entre cada uma com o(s) respectivo(s) material(ais) da disciplina de CN.

Tabela 5. Relação entre as proposições incorretas do MC com os materiais da disciplina de CN.

Proposição com erro (P)	Categoria de conteúdo	Aula 6		Aula 7			Aula 8				Aula 9	
		T ₁	V ₁	T ₂	T ₃	V ₂	T ₄	T ₅	V ₃	V ₄	T ₆	V ₅
P₂ P₄	FEN								X			
			X			X	X	X				
P₃ P₉	CIE						X		X			
					X							
P₁₀ P₁₅	POL		X			X	X	X				
									X			
P₁₆ P₁₇ P₁₉	COP 15			X		X						
				X		X						
				X								
P₂₀ P₂₂ P₂₈	ENE		X									
			X									
			X									

Fonte: a autora.

3.3.2 Plataformas tecnológicas utilizadas na disciplina de CN

A disciplina de CN está organizada dentro do e-Disciplinas e neste Estudo a plataforma utilizada pelo professor para aplicar a atividade avaliativa usando MCE foi o SERO!. Ambas são detalhadas a seguir.

e-Disciplinas: é o Moodle⁶ para utilização dos docentes e alunos da USP. O acesso é feito com o número USP (número de matrícula) e senha pessoal. Possui uma interface fácil de interagir, onde é possível encontrar a disciplina de CN com sua organização semanal, materiais das aulas e as atividades de caráter exploratório ou avaliativas que são realizadas em sala de aula e/ou a distância.

O e-Disciplinas fornece ao professor muitas informações sobre os alunos que estão matriculados em sua disciplina, como por exemplo, desempenho nas tarefas propostas e quantidade de acessos ao sistema. Essas informações ficam armazenadas na própria plataforma, podendo ser acessadas a qualquer momento pelo professor e de acordo com o seu interesse.

A Figura 13 mostra a interface de acesso ao e-Disciplinas da USP e a Figura 14, mostra como a disciplina de CN está organizada dentro desta plataforma.

Figura 13. Interface de acesso ao e-Disciplinas.

Fonte: e-Disciplinas.

⁶ Plataforma utilizada para utilização de docentes e alunos USP. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/acessar/>. [maio. 2017].

Figura 14. Organização de CN dentro do e-Disciplinas.

Fonte: e-Disciplinas.

SERO!: é uma plataforma (<https://www.serolearn.com>) criada e desenvolvida pela Perigean Technologies LLC, sob a responsabilidade do Dr. Brian Moon. Ele é parceiro do nosso grupo de pesquisa e um dos objetivos com o desenvolvimento desta plataforma é a realização de atividades avaliativas usando MCs elaborados pelo professor, tornando o processo avaliativo mais dinâmico, rápido e eficiente, em contextos como o Ensino de Ciências.

A partir de um link no e-Disciplinas foi feito o acesso ao SERO! como mostra a Figura 15.

Figura 15. Acesso a plataforma SERO! a partir de um link no e-Disciplinas.

Fonte: e-Disciplinas.

O professor da disciplina teve permissão para criar um login de acesso padrão à plataforma, utilizando o código da turma e o número USP dos alunos. A Figura 16 mostra a área de acesso ao SERO! com login e senha.

Figura 16. Interface para login e senha do aluno na plataforma SERO!.

The image shows a web browser window with the address bar displaying 'https://serolearn.com/DEV/build/#!/home'. The page features the 'sero!' logo with a green checkmark. Below the logo, there is a login form with two input fields. The first field is labeled 'NÚMERO USP DO ALUNO' and the second is labeled 'SENHA DO ALUNO'. A green button labeled 'ENTRAR' is located below the password field.

Fonte: SERO!

Ao acessar a plataforma, os alunos já foram direcionados para a atividade proposta pelo professor. Essa atividade estava totalmente em português, portanto, não houve prejuízo algum aos alunos no que diz respeito ao idioma.

Ao término da avaliação, todas as respostas dos alunos ficaram armazenadas no SERO! e essas informações foram organizadas em planilha Excel, que foi enviada diretamente ao professor da disciplina. Essas informações foram disponibilizadas após o término do Bloco 2 da disciplina de CN (1 semana) para uso nesta pesquisa.

A planilha com as respostas do MCE, trouxe informações como: dados dos alunos (nome do aluno e login de acesso) e os erros identificados ou não por eles. Dessa planilha, utilizou-se somente a informação sobre as proposições incorretas. Todos os dados utilizados foram importantes para as análises descritas na próxima seção. A identificação dos erros pelos alunos foi codificada para assegurar o anonimato, visto que a pesquisa não teve como objetivo individualizar a análise de dados. Ela teve como foco a turma e os grupos de alunos que apresentaram padrões similares de desempenho na atividade usando MCE.

3.4 Análise de dados

Nesta seção, o leitor encontrará os métodos utilizados para analisar os dados extraídos da planilha com as respostas dos alunos referente ao MCE.

As análises foram importantes para informar o professor sobre (i) os conteúdos que os alunos apresentaram maior ou menor dificuldade, (ii) o desempenho da turma e de grupos de alunos e, (iii) o processo de elaboração das devolutivas a partir dos materiais da disciplina de CN.

3.4.1 Desempenho da turma na atividade avaliativa

Para detalhar como ocorreu a análise do desempenho da turma, é descrito como se deu o processo de codificação das respostas dos alunos após a realização da atividade avaliativa. Essa codificação consistiu em atribuir 1 (um) às proposições incorretas que foram identificadas e 0 (zero) àquelas que não foram identificadas pelos alunos.

A Tabela 6 mostra exemplos hipotéticos da codificação das respostas para 5 alunos com relação a um conjunto de proposições, o percentual médio para cada erro, a média e o desvio padrão da atividade.

Tabela 6. Modelo de codificação das respostas para análise de desempenho da turma.

Proposição (P)	Aluno ($A\ell_n$, n = número do aluno)					Percentual de erros identificados
	$A\ell_1$	$A\ell_2$	$A\ell_3$	$A\ell_4$	$A\ell_5$	
P₂	0	0	0	0	0	0
P₃	1	0	0	0	0	20
P₄	0	0	0	1	1	40
P₉	1	0	0	1	1	60
P₁₀	1	1	0	1	1	80
Percentual médio de erros identificadas pela turma						40 ± 20

Fonte: a autora.

A partir dos erros inseridos pelo professor e do desempenho dos alunos foi possível caracterizar as proposições em diferentes níveis de dificuldades, conforme mostra a Figura 17 e os detalhes na sequência.

Figura 17. Caracterização das proposições incorretas em diferentes níveis de dificuldades.

Fonte: a autora.

Cada cor apresentada no gráfico refere-se a um nível de dificuldade, como detalhado a seguir:

- alto⁷: percentual de acerto $< 20\%$;
- alto/médio: $20\% \leq$ percentual de acerto $< 40\%$;
- médio: percentual de acerto $= 40\%$;
- médio/baixo⁸: $40\% <$ percentual de acerto $\leq 60\%$;
- baixo: percentual de acerto $> 60\%$.

A partir dessas informações, foi possível sinalizar rapidamente ao professor os conteúdos que os alunos apresentaram dificuldades durante a atividade avaliativa.

Diante desses dados, ainda foi possível realizar uma análise de busca por padrão de desempenho entre os alunos, que pudesse revelar diferenças e semelhanças entre eles. A próxima subseção detalha como ocorreu essa análise.

⁷ alto nível de dificuldade: proposição foi de difícil identificação pelos alunos.

⁸ baixo nível de dificuldade: proposição foi de fácil identificação pelos alunos.

3.4.2 Busca por padrão de desempenho entre os alunos

A partir do percentual de identificação das proposições incorretas, realizou-se a Análise por Agrupamento Hierárquico (HCA, do inglês *Hierarchical Cluster Analysis*) para verificar a existência de padrões de desempenho entre os alunos. Esta análise foi realizada com o auxílio do programa *Pirouette 3.1.1*, utilizando a média aritmética dos conteúdos tratados no MC para cada aluno. Essa média foi calculada a partir dos dados oriundos das repostas codificadas dos alunos (lembrando: 1 (um) para as proposições incorretas identificadas e 0 (zero) para proposições incorretas não identificadas).

A Tabela 7 mostra como essas informações foram organizadas em uma planilha após o cálculo das médias que foram lançadas no *Pirouette* para realizar as devidas análises.

Tabela 7. Exemplo de dados inseridos no *Pirouette* para encontrar padrões de desempenho entre os alunos.

Categoria de conteúdo do MCE	Proposição (P)	Respostas codificadas do Aluno 1	Média do conteúdo para o Aluno 1
FEN	P ₂	1	0,5
	P ₄	0	
POL	P ₁₀	0	0
	P ₁₅	0	
CIE	P ₃	1	1
	P ₉	1	
COP	P ₁₆	1	0,67
	P ₁₇	1	
	P ₁₉	0	
ENE	P ₂₀	0	0,33
	P ₂₂	0	
	P ₂₈	1	

Fonte: a autora. FEN = fenômeno, POL = política, CIE = ciência, COP = COP 15 e ENE = energia.

Após a inserção das médias de todos os alunos no *Pirouette*, foi possível obter agrupamentos naturais a partir da semelhança de desempenho na atividade avaliativa.

A Tabela 8 mostra, para fins de exemplificação, os grupos formados, bem como o desempenho de cada um, a partir dos dados hipotéticos apresentados anteriormente. Esses dados são apresentados na forma de percentuais médios e os grupos são representados por G_n (n = número do grupo).

Tabela 8. Exemplo de percentual médio obtido para cada grupo de alunos nas categorias de conteúdo estabelecidas no MCE.

Categorias de conteúdo do MCE	Percentual médio/grupo para cada categoria de conteúdo tratada no MCE					Percentual médio na atividade avaliativa/categoria de conteúdo
	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	
FEN	1,0	7,0	7,0	10,0	10,0	7,0
POL	4,0	2,0	6,0	6,0	10,0	5,6
CIE	3,0	7,0	3,0	10,0	10,0	6,6
COP	4,0	7,0	9,0	4,0	10,0	6,8
ENE	5,0	7,0	10,0	10,0	10,0	8,4
Percentual médio/grupo	3,4	6,0	7,0	8,0	10,0	6,9

Fonte: a autora. FEN = fenômeno, POL = política, CIE = ciência, COP = COP 15 e ENE = energia.

A Tabela mostra exemplo de médias para cada grupo de alunos e por conteúdo, além de uma média (hipotética) da turma (6,9) que é o valor de referência para qualificar o desempenho dos grupos.

Em termos gerais, o melhor grupo foi G_5 com média igual a 10, pois apresentou excelente desempenho em todos os conteúdos tratados nas proposições incorretas. O pior grupo foi G_1 , com média muito abaixo da turma (média = 3,4) e os outros grupos apresentaram valores em torno da média da turma, 6,9.

Com relação aos conteúdos tratados na atividade avaliativa, as médias obtidas para cada conteúdo revelam que ENE foi mais fácil neste exemplo, enquanto os outros apresentaram valores em torno da média.

Cada grupo apresentou pontos fortes e fracos, como G₁, que teve como ponto forte o conteúdo sobre ENE (média = 5,0), enquanto os outros conteúdos foram pontos fracos, com médias muito abaixo de 6,9. Em G₂ os pontos fortes foram FEN, CIE, COP e ENE, enquanto POL foi o ponto fraco deste grupo (média = 2,0). G₃ teve como ponto forte o conteúdo sobre COP (média = 9,0) e ENE (média = 10,0), enquanto CIE foi o seu ponto fraco (média = 3,0). FEN e POL para G₃ ficou em torno da média da turma. G₄ apresentou como pontos fortes FEN, CIE e ENE (média = 10,0 em ambos), enquanto o conteúdo sobre COP foi o ponto fraco do grupo e POL ficou em torno da média da turma.

As médias obtidas pelos grupos de alunos em cada categoria de conteúdo do MCE, indicam ao professor as dificuldades e/ou facilidades que eles apresentaram no conteúdo específico. Com isso, fica mais fácil revisar e/ou replanejar as devolutivas.

Na próxima subseção é detalhado como os materiais da disciplina de CN, juntamente com o desempenho dos alunos, foram importantes para auxiliar na elaboração de devolutivas, que por sua vez, foram úteis na compreensão do conteúdo abordado pelas proposições incorretas do MC.

3.4.3 Elaboração de devolutivas específicas a partir dos materiais da disciplina de CN

As devolutivas elaboradas pelo professor foram de dois tipos: Inespecífica (DI) e Específica (DE). A DI caracterizou-se por possuir somente uma mensagem genérica do professor informando ao aluno que sua resposta estava errada, como segue: “*Essa proposição está errada*”. Neste tipo de devolutiva não estava previsto nenhum outro tipo de recurso ao aluno que ele pudesse utilizar como suporte para repensar seu erro. A DE caracterizou-se por uma mensagem mais específica e pontual do professor informando ao aluno que sua resposta estava errada. Neste caso, além da mensagem, “*Essa proposição está errada*” a DE foi acompanhada de algum recurso (em sua grande maioria, algum material da própria disciplina) que auxiliasse na reflexão do aluno diante do erro cometido na atividade avaliativa.

A Figura 18 mostra um exemplo de cada tipo de devolutiva elaborada para o conteúdo abordado na proposição P₂₈ do MCE utilizado como atividade avaliativa.

Figura 18. Exemplo de DI e DE para a proposição P₂₈.

Fonte: a autora.

Essa proposição tratou da utilização intensiva por fontes de energia renovável pelos EUA. A DI só informou o aluno que a resposta estava errada. Por outro lado, a DE informou o aluno que a resposta estava errada e ainda chamou a atenção para um gráfico que mostra a matriz energética dos EUA em 2015. Esse tipo de suporte ajuda na reflexão do aluno com relação ao erro cometido na atividade avaliativa.

3.5 Resultados e discussão

Esta seção trata dos principais resultados obtidos neste Estudo:

- desempenho da turma na atividade avaliativa.
- padrão de desempenho entre os alunos.
- elaboração de devolutivas a partir dos materiais da disciplina de CN.

Os detalhes acerca desses resultados são apresentados a seguir.

3.5.1 Desempenho da turma na atividade avaliativa

A partir das respostas dos alunos ($n = 85$), obteve-se os percentuais de identificação para cada erro do MC. Esses percentuais indicaram o desempenho da turma na atividade avaliativa, como mostra a Figura 19. A linha azul é a média da turma, 48%, que foi utilizada como referência para caracterizar os níveis de dificuldades dos erros inseridos no MC.

Figura 19. Percentual de identificação dos erros inseridos no MC.

Fonte: a autora.

Cada cor apresentada no gráfico refere-se a um tipo de nível de dificuldade, como detalhado a seguir:

- alto (cor vermelha): P₂ e P₄ (percentual de acerto < 32%);
- alto/Médio (cor laranja): P₃, P₂₀, P₁₅ e P₁₀ ($32\% \leq$ percentual de acerto < 48%);
- médio (cor amarela): P₁₉ (percentual de acerto = 48%);
- médio/baixo (cor verde): P₂₂ e P₉ ($48\% <$ percentual de acerto $\leq$ 64%);
- baixo (cor azul): P₂₈, P₁₆ e P₁₇ (percentual de acerto > 64%).

A partir desses dados verificou-se que os alunos conseguiram recuperar (alguns mais outros menos) as informações relevantes para julgar as proposições como corretas ou incorretas. O maior ou menor entendimento sobre um dado conteúdo também justifica a variação do nível de dificuldades dos erros inseridos no MC.

As proposições P₂ (*Intensificação das mudanças climáticas – é responsável pelo → aumento da quantidade de tsunamis*) e P₄ (*Intensificação das mudanças climáticas – é a causa da → emissão antrópica de gases de efeito estufa*), foram caracterizadas em um alto nível de dificuldade, devido aos baixos percentuais de identificação obtidos a partir das respostas dos alunos. A proposição P₂ apresentou somente 24% de identificação (n = 20). Aqui, a maioria dos alunos provavelmente não entendeu que a formação de tsunamis e intensificação das Mudanças Climáticas são fenômenos distintos que tratam da dinâmica interna e externa da Terra, respectivamente. Isso, normalmente é um desafio aos alunos de qualquer nível escolar, porque eles não fazem as ligações entre os processos internos e externos (Francek, 2013). Essa maioria, também não realizou a análise correta da proposição P₄ para garantir um julgamento efetivo dela. Por isso, essa proposição apresentou percentual de 30% de identificação (n = 25). Ela tratou da relação de causa e consequência entre as Mudanças Climáticas e ações antrópicas. Neste caso, esperava-se que os alunos analisassem de forma assertiva o efeito de causa e consequência que estava invertido no conteúdo da proposição (efeito representado pela seta invertida no MC), e que também não foi efetivo, visto o baixo percentual de identificação obtido.

As proposições P₃, P₂₀, P₁₅ e P₁₀ foram caracterizadas em um alto/médio nível de dificuldade após as análises das respostas dos alunos e cada uma é detalhada na sequência.

A proposição P₃ (*Intensificação das mudanças climáticas – é confirmada por todos → estudos científicos*) tratou da verdade científica e apresentou percentual de identificação igual a 37% (n = 31). Seu conteúdo não foi lembrado pela maioria dos alunos, que não consideraram a existência dos cientistas céticos que normalmente não creditam valor aos estudos desenvolvidos pelo IPCC. Neste caso, esses cientistas tentam provar o contrário do que os relatórios do IPCC apresentam.

A proposição P₂₀ (*processo de tomada de decisão – deve envolver a partir de agora → pequenos cortes nas emissões de gases de efeito estufa*), assim como a anterior, também apresentou percentual de identificação igual a 37% (n = 31) e tratou dos pequenos cortes nas emissões de GEE. Os alunos não lembraram que os pequenos cortes eram suficientes no passado, diferente das necessidades atuais. O conteúdo desta proposição tinha relação direta com o que foi tratado em P₂₂, tanto que os conceitos finais de ambas

estavam invertidos entre si. A proposição P₂₂ (*processo de tomada de decisão – envolveu no passado → grandes cortes nas emissões de gases de efeito estufa*) tratou dos grandes cortes das emissões de GEE no passado e foi caracterizada no nível de dificuldade médio/baixo porque apresentou percentual de identificação maior que P₂₀, 52% (n = 44).

O tempo verbal inserido no termo de ligação de P₂₀ (*deve envolver a partir de agora*) e P₂₂ (*envolveu no passado*) pode ter contribuído para uma confusão dos alunos com relação a qual momento da história a necessidade dos cortes foi maior ou menor. Devido a isso, o percentual de identificação de cada proposição foi muito diferente entre si. Para P₂₀ os alunos precisavam, além de lembrar, entender o conteúdo da proposição, e como a maioria deles falhou, o percentual de identificação foi baixo. Para P₂₂, os alunos conseguiram lembrar que no passado os cortes eram pequenos e não o contrário como sugeriu o conteúdo da proposição. Devido a isso o percentual de identificação foi maior.

Considerando o exposto, ainda foi possível obter a quantidade total de alunos que identificou (ou não) os erros dessas duas proposições, evidenciando mais uma particularidade do uso do MCE. Neste caso, o professor tem total liberdade para escolher os conceitos e termos de ligação que lhe convém para que seja possível captar o que se deseja. Dependendo da forma como o MC é elaborado, o domínio dos conteúdos e a correta interpretação das proposições passam a ser muito importantes para a identificação (ou não) das proposições incorretas. Contudo, para o par de proposições P₂₀ e P₂₂, 32% dos alunos (n = 27) conseguiram identificar os erros, enquanto 43% dos alunos (n = 36) não identificaram nenhum desses erros. Isso confirma que a maneira como as proposições do MC foram elaboradas pode ter contribuído para que não houvesse um percentual maior de identificação desses erros.

Outra relação expressiva ocorreu entre P₁₅ (*políticos – conseguiram aumentar adequadamente a → ação conjunta dos países em nível global*) e P₁₀ (*Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) – é formado por → políticos*). Ambas apresentaram percentuais de identificação de 38% (n = 32) e 43% (n = 36), respectivamente. Para o primeiro caso, muitos alunos não entenderam quais são as responsabilidades dos políticos frente ao cenário das Mudanças Climáticas. Para o conteúdo tratado em P₁₀ nem todos os alunos lembraram que o IPCC possui diferentes cientistas/pesquisadores como integrantes e não políticos como sugeriu a proposição.

Ambas as proposições tem como conceito em comum “políticos”, e isso pode ter causado confusão nos alunos ao analisar o conteúdo de P₁₅. Neste caso, as decisões são deliberadas por políticos em nível local e não global como foi apresentado na proposição.

Em P₁₀, o problema pode ter sido com relação a própria entidade, pois o IPCC pertence a Organização das Nações Unidas (ONU). Os alunos podem ter confundido os membros que formam o IPCC (cientistas/pesquisadores) com aqueles que compõem a ONU (políticos).

Assim como foi feito anteriormente com as proposições P₂₀ e P₂₂, aqui também foi possível obter a quantidade total de alunos e seus respectivos percentuais de identificação (e não identificação) dos erros inseridos em P₁₀ e P₁₅. Do total de alunos que realizou a avaliação, 19% (n = 16) identificou o erro em ambas as proposições, enquanto 38% (n = 32) não identificou nenhum dos erros.

A proposição P₁₉ (*Acordo de Copenhague – foi uma resposta satisfatória as necessidades do → processo de adaptação*), tratou do Acordo de Copenhague – consequência da COP 15. Essa proposição apresentou percentual de identificação igual a 48% (n = 40) e foi caracterizada em um nível médio de dificuldade. Neste caso, nem todos os alunos lembraram da baixa eficácia desse Acordo no processo de adaptação às Mudanças Climáticas.

A proposição P₉ (*modelos matemáticos que descrevem cenários futuros – são imprecisos e comprometem → processo de tomada de decisão*) apresentou percentual de identificação de 60% (n = 50). Esse dado mostra que a maioria dos alunos lembrou que o IPCC responde pela maior parte dos estudos sobre o clima e que seus relatórios científicos, emitidos periodicamente, servem como orientação do processo de tomada de decisão e não oferecem respostas definitivas sobre qualquer fenômeno natural. O que pode ter levado uma parcela de alunos a não identificar esse erro é ter entendido que os modelos matemáticos descrevem o futuro do clima com precisão. Isso não é verdade, pois esses modelos podem influenciar qualquer tomada de decisão por parte dos políticos. O conteúdo sobre as ações dos políticos em torno das Mudanças Climáticas foi abordado corretamente na proposição P₁₁ (*políticos – lideram o → processo de tomada de decisão*).

A proposição P₂₈ (*utilização intensiva por fontes de energia renovável – ocorre de forma relevante nos → EUA*) apresentou percentual de identificação de 65% (n = 55). Isso demonstrou que os alunos conseguiram lembrar e entender o conteúdo tratado nessa proposição. O conteúdo de P₂₈ tratou do uso intensivo de energia renovável pelos EUA, o que na verdade, ocorreu em algumas cidades norte-americanas que se esforçaram para diminuir suas emissões de GEE. A maioria dos alunos lembrou que os EUA são muito dependentes de uma matriz energética predominantemente de combustíveis fósseis, o que invalida o conteúdo tratado em P₂₈. O contrário é verdade na Alemanha, e o conteúdo

neste caso, foi tratado corretamente na proposição P₂₇ (*utilização intensiva por fontes de energia renovável – ocorre de forma relevante na → Alemanha*). Esse paralelismo que ocorreu no MC pode ter causado confusão em termos do uso mais intenso das fontes renováveis por diferentes países. Ainda para contribuir com esse paralelismo e essa confusão, ambas as proposições possuíam o mesmo conceito inicial (*utilização intensiva por fontes de energia renovável*), o que pode ter dificultado a obtenção de um percentual maior de identificação em P₂₈.

As proposições P₁₆ (*processo de tomada de decisão – não sofre interferência da → sociedade civil organizada*) e P₁₇ (*sociedade civil organizada – mal acompanhou a → conferência das partes 15 (COP 15)*) trataram do conteúdo relacionado a COP 15 e apresentaram os maiores percentuais de identificação, sendo, 68% (n = 57) e 73% (n = 61), respectivamente. Ambas trouxeram a importância das diferentes mídias que divulgaram a Conferência e conseguiram atingir muitas pessoas ao redor do mundo, interferindo na opinião pública e influenciando a tomada de decisão acerca das Mudanças Climáticas. Além disso, apresentaram esses percentuais, provavelmente porque o conteúdo da Conferência foi tratado em diferentes materiais e atividades ao longo das aulas 7 e 8 de CN, o que pode ter facilitado uma melhor compreensão acerca desse assunto.

Também foi possível obter a quantidade total de alunos e seus respectivos percentuais de identificação para o par de proposições P₁₆ e P₁₇. Para 52% dos alunos (n = 44), foi possível identificar o erro em ambas as proposições, enquanto 11% (n = 9) não identificou nenhum dos erros.

Para as duas proposições, a sequência no mapa pode ter causado problemas na interpretação das informações para alguns alunos, visto que os conceitos relacionados foram “*processo de tomada de decisão*”, “*sociedade civil organizada*” e “*Conferência das Partes 15 (COP 15)*”. Em P₁₆, a tomada de decisão está relacionada com a sociedade civil, e, neste caso, o problema pode ter sido a dificuldade em lembrar que as decisões são tomadas por políticos e, estes podem ser influenciados pela opinião pública. Outro fator que pode ter dificultado a obtenção de um percentual maior em P₁₆, pode ter sido o sentido negativo do conteúdo da proposição. Neste caso, há uma negação em relação a interferência da sociedade civil na tomada de decisão. Em P₁₇, a maioria dos alunos lembraram que as diferentes mídias cumpriram um papel importante na distribuição de notícias referentes ao clima para diferentes partes do mundo.

Considerando cada proposição incorreta do MC e seus respectivos conteúdos, foi possível classificá-las dentro da relação bidimensional dos Processos Cognitivos e da dimensão do Conhecimento, segundo a Taxonomia Revisada de Bloom, considerando também o objetivo proposto pela atividade (identificar as proposições incorretas). A Tabela 9 mostra, de forma resumida, como se deu a classificação dessas proposições do MC.

Tabela 9. Relação bidimensional entre a dimensão dos Processos Cognitivos e do Conhecimento para as proposições incorretas do MC.

Dimensão dos Processos Cognitivos	Dimensão do Conhecimento			
Habilidades Cognitivas de Ordem Inferior (LOCS)	Factual	Conceitual	Procedimental	Metacognitivo
Lembrar	P ₁₀ , P ₁₆ , P ₁₇ , P ₂₀ , P ₂₂ e P ₂₈	P ₃ , P ₉ e P ₁₉	-----	Todas as proposições
Entender	P ₂ , P ₁₆ , P ₂₀ , P ₂₂ e P ₂₈	P ₉ e P ₁₅	-----	Todas as proposições
Aplicar	-----	-----	-----	-----
Habilidades Cognitivas de Ordem Superior (HOCS)	Factual	Conceitual	Procedimental	Metacognitivo
Analisar	P ₂ e P ₁₀	P ₄ e P ₁₅	-----	Todas as proposições
Avaliar	-----	-----	-----	-----
Criar	-----	-----	-----	-----

Fonte: a autora. Adaptado de Krathwohl, 2002.

A partir da relação estabelecida na Tabela, observou-se que do total de proposições incorretas do MC (n = 12), 67% (n = 8: P₃, P₉, P₁₆, P₁₇, P₁₉, P₂₀, P₂₂ e P₂₈) foram classificadas exclusivamente na dimensão dos Processos Cognitivos Lembrar e Entender (LOCS), associados ao Conhecimento Factual e/ou Conceitual. Isso evidencia

que a atividade avaliativa usando MCE não exigia muito do aluno além de lembrar e/ou entender algum fato e/ou conceito que tenha sido tratado previamente nas aulas e materiais instrucionais. As proposições P₂, P₁₀ e P₁₅ foram classificadas também na dimensão dos Processos Cognitivos Analisar associado ao Conhecimento Factual e/ou Conceitual (HOCS). Isso representou 25% do total das proposições incorretas. Por outro lado, apenas a proposição P₄ foi classificada exclusivamente na dimensão do Processo Cognitivo Analisar Conceitual (HOCS), o que representa 8% do total das proposições incorretas. As dimensões referentes aos Processos Cognitivos Aplicar e Criar, assim como a dimensão do Conhecimento Procedimental, não foram verificadas nessa atividade avaliativa. Porém, como exemplificado na Tabela 3 (classificação dos objetivos de uma atividade avaliativa usando MCE), o aluno precisa estar ciente de sua cognição, intelecto e habilidades no momento da avaliação para que consiga realizar a atividade conforme as instruções do professor. Isso corrobora a classificação das proposições incorretas do MC na dimensão dos Processos Cognitivos Lembrar e Entender (LOCS), associados ao Conhecimento Metacognitivo e ainda na dimensão do Processo Cognitivo Analisar (HOCS), associado também ao Conhecimento Metacognitivo.

Dependendo do interesse do professor, ele ainda pode tornar a atividade de “*achar erros*” mais fácil ou até mais difícil. Para tornar o erro mais fácil, o professor pode, por exemplo, utilizar um termo de ligação com verbo flexionado adequadamente ou ainda palavras que possam negar ou afirmar algo sobre os conceitos ligados entre si, como nas proposições P₁₆ (*processo de tomada de decisão – não sofre interferência da → sociedade civil organizada*) e P₁₇ (*sociedade civil organizada – mal acompanhou a → conferência das partes 15 (COP 15)*). Para elaborar uma proposição mais difícil, a inversão de seta pode ser uma opção, como em P₄ (*Intensificação das mudanças climáticas – é a causa da → emissão antrópica de gases de efeito estufa*). O mais importante e independente do tipo de problema que necessitou ser resolvido durante a atividade avaliativa, é que os alunos precisaram demonstrar sua capacidade de fazer alguma coisa com o conhecimento adquirido durante as aulas de CN. Isso é muito importante para quem elabora currículos de curso, pois há de se verificar posteriormente no planejamento instrucional do professor, os objetivos que deverão ser contemplados pelos alunos durante o período de curso. Esses objetivos instrucionais devem considerar, a partir de diferentes atividades avaliativas, que os alunos transitem entre habilidades do tipo LOCS e HOCS. Por todo o exposto, o jeito que o professor elabora sua avaliação baseada em um MCE pode fazer a diferença na transição entre as habilidades cognitivas e no desempenho dos alunos.

Com o desempenho obtido na atividade avaliativa, foi possível buscar por padrões semelhantes entre os alunos e isto será detalhado na próxima seção.

3.5.2 Grupos de alunos com padrão de desempenho semelhante

Com os dados coletados a partir da atividade avaliativa, foi obtido o dendograma da Figura 20. Com ele, verificou-se a existência de 6 grupos de alunos denominados G_1 - G_6 com 59% de similaridade entre si.

Figura 20. Dendograma obtido a partir da Análise por Agrupamento Hierárquico (HCA) para o E_1 . G_n , n = número do grupo.

Fonte: a autora.

A partir do dendograma foi possível comparar (i) as médias entre os grupos de alunos e (ii) os percentuais médios desses grupos para cada conteúdo tratado no MC, com referência ao percentual médio da turma. A Tabela 10 mostra os dados mencionados.

Tabela 10. Percentual de identificação dos erros, por grupo de alunos, em cada conteúdo do MC.

Grupos de alunos (G _n)	Categorias de conteúdo do MC					Percentual médio/Grupo
	FEN	POL	ENE	CIE	COP	
G₁ (n = 16)	13	44	48	100	81	64
G₂ (n = 11)	41	77	15	41	64	47
G₃ (n = 15)	57	77	91	67	62	73
G₄ (n = 8)	0	0	8	31	13	9
G₅ (n = 12)	54	0	44	33	53	36
G₆ (n = 23)	7	30	62	20	72	46
Percentual médio/conteúdo	28±6	38±12	45±5	49±8	57±4	48±16

Fonte: a autora. FEN = fenômeno, POL = política, CIE = ciência, COP = COP 15 e ENE = energia.

Os alunos pertencentes ao grupo G₃ apresentaram o melhor desempenho da atividade avaliativa, 73% em média de identificação. O grupo G₁, apresentou o segundo melhor desempenho, 64% em média de identificação, enquanto os outros grupos apresentaram percentuais que descrevem desempenhos cada vez piores, 47% (G₂), 46% (G₆), 36% (G₅) e 9% (G₄).

As diferenças entre os grupos também foram verificadas com os dados da própria atividade avaliativa, tendo como referência a média obtida pela turma, 48%. Os detalhes seguem na sequência:

- os alunos dos grupos G₂, G₃ e G₅ tiveram um desempenho acima da média no conteúdo sobre FEN (P₂: *Intensificação das mudanças climáticas – é responsável pelo → aumento da quantidade de tsunamis*, P₄: *Intensificação das mudanças climáticas – é a causa da → emissão antrópica de gases de efeito estufa*). Para os alunos dos grupos G₁, G₄ e G₆ o percentual obtido ficou muito abaixo da média do conteúdo. Os alunos de G₂ apresentaram uma média ligeiramente abaixo daquela obtida pela turma.
- para o conteúdo sobre POL (P₁₀: *Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) – é formado por → políticos*, P₁₅: *políticos – conseguiram aumentar adequadamente a → ação conjunta dos países em nível global*), os alunos dos grupos G₂ e G₃ apresentaram ótimo desempenho, G₁ ficou acima da média e os alunos de G₆ apresentaram um

desempenho abaixo da média da atividade e do conteúdo. Os alunos pertencentes aos grupos G₄ e G₅ (n = 20) não conseguiram identificar nenhum dos erros associados a POL.

- para o conteúdo que tratou sobre ENE (P₂₀: *processo de tomada de decisão – deve envolver a partir de agora → pequenos cortes nas emissões de gases de efeito estufa*, P₂₂: *processo de tomada de decisão – envolveu no passado → grandes cortes nas emissões de gases de efeito estufa*, P₂₈: *utilização intensiva por fontes de energia renovável – ocorre de forma relevante nos → EUA*) o grupo G₃ apresentou o melhor desempenho, 91% em média, enquanto os alunos pertencentes ao G₆, apresentou o segundo melhor desempenho nesse conteúdo, 62%. Os grupos G₁ e G₅ apresentaram desempenho igual ou em torno da média da atividade e/ou do conteúdo, 48% e 44%, respectivamente. Os alunos de G₂ apresentaram percentual muito baixo (15%), assim como os alunos do G₄, apenas 8% de identificação das proposições incorretas.
- o conteúdo sobre CIE (P₃: *Intensificação das mudanças climáticas – é confirmada por todos → estudos científicos*, P₉: *modelos matemáticos que descrevem cenários futuros – são imprecisos e comprometem → processo de tomada de decisão*) apresentou percentuais distintos entre os grupos. Em G₁, todos os alunos conseguiram identificar os erros associados a esse conteúdo (n = 16), enquanto os alunos de G₃, apresentaram percentual de identificação de 67%. Os alunos pertencentes ao grupo G₂ apresentaram percentual de identificação em torno da média da turma e do conteúdo, 41%. Para os alunos pertencentes aos grupos G₄, G₅ e G₆ os percentuais obtidos ficaram muito abaixo da média do conteúdo e daquele obtido pela turma, 31%, 33% e 20%, respectivamente.
- o conteúdo sobre a COP (P₁₆: *processo de tomada de decisão – não sofre interferência da → sociedade civil organizada*, P₁₇: *sociedade civil organizada – mal acompanhou a → conferência das partes 15 (COP 15)*, P₁₉: *Acordo de Copenhague – foi uma resposta satisfatória as necessidades do → processo de adaptação*) foi o conteúdo que apresentou o maior percentual médio de identificação no MC. Os alunos dos grupos G₁ e G₆ foram aqueles que apresentaram os melhores desempenhos nesse conteúdo, 81% e 72%, respectivamente, seguidos pelos alunos dos grupos

G₂ (64%) e G₃ (62%). Alunos do grupo G₅ apresentaram percentual de identificação (53%) abaixo da média do conteúdo e acima da média da turma. Enquanto os alunos do grupo G₄ apresentaram o pior desempenho para o conteúdo sobre a COP, apenas 13% de identificação dos erros.

As diferenças reveladas por cada grupo a partir do desempenho na atividade avaliativa confirmaram a necessidade de se ler esse desempenho de forma coletiva e não só individual, pois o que é conhecido por um grupo, não necessariamente é pelo outro (Luckesi, 2011; Perrenoud, 1999). Isso permitiu, então, o levantamento dos pontos fortes e fracos de cada grupo conforme os dados apresentados anteriormente na Tabela 10, o que caracteriza um diagnóstico avaliativo a partir do MCE. Lembrando que uma avaliação diagnóstica está preocupada com o que o aluno sabe antes de qualquer instrução e visa o seu crescimento a partir da regulação de processos de aprendizagem (Luckesi, 2011; Perrenoud, 1999).

O ponto forte de G₁ (n = 16), foi o conteúdo sobre CIE, cujo percentual obtido foi de 100%, revelando um ótimo desempenho para este grupo de alunos. O conteúdo foi abordado pelas proposições P₃ (*Intensificação das mudanças climáticas – é confirmada por todos os → estudos científicos*) e P₉ (*modelos matemáticos que descrevem cenários futuros – são imprecisos e comprometem → processo de tomada de decisão*). A primeira foi caracterizada no nível alto/médio de dificuldade, enquanto a segunda, no nível médio/baixo. Para esse grupo de alunos, apesar dos níveis de dificuldades dos erros, eles conseguiram lembrar de conceitos relevantes que levaram a um julgamento correto do conteúdo das proposições P₃ e P₉. Outro ponto forte desse grupo foi o conteúdo sobre a COP, 81% de identificação, tratado pelas proposições P₁₆ (*processo de tomada de decisão – não sofre interferência da → sociedade civil organizada*), P₁₇ (*sociedade civil organizada – mal acompanhou a → conferência das partes 15 (COP 15)*) e P₁₉ (*Acordo de Copenhague – foi uma resposta satisfatória as necessidades do → processo de adaptação*). As duas primeiras continham erros que foram fáceis de identificar, enquanto a última apresentou um erro de nível médio de dificuldade. O ótimo desempenho apresentado nesse conteúdo é resultado das várias discussões sobre a COP 15 que ocorreram ao longo das aulas de CN. Isso pode ter facilitado a recuperação de conceitos relevantes para julgar essas proposições.

O ponto fraco de G₁ foi o conteúdo sobre FEN (13% de identificação), representado pelas proposições P₂ (*Intensificação das mudanças climáticas – é responsável pelo → aumento da quantidade de tsunamis*) e P₄ (*Intensificação das mudanças climáticas – é a causa da → emissão antrópica de gases de efeito estufa*). Para este grupo, os erros inseridos nessas proposições foram mais difíceis de serem identificados, porque muitos ainda não haviam entendido como ocorre a formação dos tsunamis (P₂). Os alunos também não souberam analisar o efeito de causa e consequência (P₄) entre as Mudanças Climáticas e as emissões antrópicas de GEE representado pela inversão de seta no MC, reafirmando o que já tinha sido percebido com os dados da turma.

O ponto forte de G₂ (n = 11), foi o conteúdo sobre POL, cujo percentual obtido foi de 77%. Esse conteúdo foi abordado pelas proposições P₁₀ (*Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) - é formado por → políticos*) e P₁₅ (*políticos – conseguiram aumentar adequadamente a → ação conjunta dos países em nível global*). Ambas foram caracterizadas no nível alto/médio de dificuldade e mesmo assim, este grupo de alunos apresentou muita facilidade na identificação desses erros. A formação do IPCC, bem como a ação dos políticos frente ao cenário das Mudanças Climáticas foram lembradas e compreendidas pelos alunos pertencentes a este grupo, o que levou a uma análise assertiva das proposições. Outro ponto forte deste grupo foi o conteúdo sobre a COP, 64% de identificação, representado pelas proposições P₁₆ (*processo de tomada de decisão – não sofre interferência da → sociedade civil organizada*) P₁₇ (*sociedade civil organizada – mal acompanhou a → conferência das partes 15 (COP 15)*) e P₁₉ (*Acordo de Copenhague – foi uma resposta satisfatória as necessidades do → processo de adaptação*). As considerações acerca da recuperação de conceitos por parte dos alunos são as mesmas anteriores.

O ponto fraco deste grupo foi o conteúdo sobre ENE, representado pelas proposições P₂₀ (*processo de tomada de decisão – deve envolver a partir de agora → pequenos cortes nas emissões de gases de efeito estufa*), P₂₂ (*processo de tomada de decisão – envolveu no passado → grandes cortes nas emissões de gases de efeito estufa*) e P₂₈ (*utilização intensiva por fontes de energia renovável – ocorre de foram relevante nos → EUA*). A primeira foi caracterizada no nível alto/médio de dificuldade, enquanto a segunda no nível médio/baixo e a última no nível baixo de dificuldade. Apenas 15% dos alunos deste grupo identificou esses erros, sinalizando que o conteúdo sobre Energia foi difícil para a maioria deles. Isso sugere que não houve assimilação de conhecimento

sobre esse conteúdo durante as aulas de CN (ou foi muito fraca), por isso não conseguiram recuperar os conceitos relevantes, tampouco, compreendê-los.

O ponto forte de G₃ (n = 15), contrário do anterior, foi o conteúdo sobre ENE (proposições P₂₀, P₂₂ e P₂₈), cujo percentual médio foi de 91%. Neste caso, a recuperação de conceitos, bem como entendimento das proposições foram muito mais eficientes para esse grupo de alunos, justificando o alto percentual de identificação dos erros. Outro ponto forte foi o conteúdo sobre POL, 77% em média de identificação. Este conteúdo foi abordado pelas proposições P₁₀ (*Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) - é formado por → políticos*) e P₁₅ (*políticos – conseguiram aumentar adequadamente a → ação conjunta dos países em nível global*). Ambas as proposições foram caracterizadas no nível alto/médio de dificuldade e mesmo assim, esse grupo de alunos, apresentou facilidade na identificação desses erros. Os conteúdos sobre CIE e COP também foram considerados pontos fortes para este grupo de alunos, pois seus percentuais de identificação ficaram acima da média da turma e do conteúdo, 67% e 62%, respectivamente.

O ponto fraco deste grupo ficou por conta do conteúdo sobre FEN, 57% de identificação, representado pelas proposições P₂ (*Intensificação das mudanças climáticas – é responsável pelo → aumento da quantidade de tsunamis*) e P₄ (*Intensificação das mudanças climáticas – é a causa da → emissão antrópica de gases de efeito estufa*) e foram as proposições incorretas mais difíceis de serem identificadas na atividade avaliativa (alto nível de dificuldade). O valor para esse conteúdo representa o pior desempenho de G₃, mas isso não comprometeu o ótimo desempenho do grupo na avaliação como um todo, pois a maioria dos alunos conseguiu recuperar e entender os conceitos relacionados ao conteúdo tratado em cada proposição incorreta do MC, e ainda, analisá-las corretamente, quando necessário.

O ponto forte de G₄ (n = 8) foi no conteúdo sobre CIE, 31% de identificação, mesmo apresentando o pior desempenho entre todos os grupos. O conteúdo foi abordado pelas proposições P₃ (*Intensificação das mudanças climáticas – é confirmada por todos os → estudos científicos*) e P₉ (*modelos matemáticos que descrevem cenários futuros – são imprecisos e comprometem → processo de tomada de decisão*). A primeira foi caracterizada no nível alto/médio de dificuldade, enquanto a segunda, no nível médio/baixo de dificuldade. Para a maioria dos alunos deste grupo, a dificuldade na identificação dos erros pode ter sido porque muitos entenderam (erroneamente) que todos os estudos científicos confirmam de fato a intensificação das Mudanças Climáticas e que

os modelos matemáticos comprometem qualquer tomada de decisão, o que não é verdade. A maioria não recordou que nem todos os estudos científicos levam às confirmações sobre a intensificação das Mudanças Climáticas e por isso, fizeram julgamento errado do conteúdo da proposição P₃. A maioria dos alunos de G₄ também não lembrou e não entendeu que os modelos matemáticos servem sim para projetar cenários futuros sobre o clima e são usados como referências para qualquer tomada de decisão que venha ser realizada por não cientistas (políticos). O ponto fraco deste grupo de alunos foi praticamente todo o restante do conteúdo do MCE, pois os percentuais médios de identificação ficaram muito abaixo da média da turma e do conteúdo. Para 13% dos alunos desse grupo, foi possível identificar os erros inseridos nas proposições que tratavam do conteúdo sobre COP, casos de P₁₆ (*processo de tomada de decisão – não sofre interferência da → sociedade civil organizada*), P₁₇ (*sociedade civil organizada – mal acompanhou a → conferência das partes 15 (COP 15)*) e P₁₉ (*Acordo de Copenhague – foi uma resposta satisfatória as necessidades do → processo de adaptação*). A justificativa em torno desses resultados obtidos é que apenas alguns alunos conseguiram lembrar de conceitos importantes que foram úteis para ajudar na identificação desses erros no MC.

Para apenas 8% dos alunos de G₄ foi possível identificar o erro inserido em P₂₀ (*processo de tomada de decisão – deve envolver a partir de agora → pequenos cortes nas emissões de gases de efeito estufa*), P₂₂ (*processo de tomada de decisão – envolveu no passado → grandes cortes nas emissões de gases de efeito estufa*) e P₂₈ (*utilização intensiva por fontes de energia renovável – ocorre de foram relevante nos → EUA*). Essas proposições trataram do conteúdo sobre ENE. As considerações sobre a recuperação de conceitos pelos alunos são as mesmas mencionadas anteriormente.

Ainda sobre o grupo G₄, nenhum aluno conseguiu identificar os erros associados ao conteúdo sobre FEN, representada pelas proposições P₂ (*Intensificação das mudanças climáticas – é responsável pelo → aumento da quantidade de tsunamis*) e P₄ (*Intensificação das mudanças climáticas – é a causa da → emissão antrópica de gases de efeito estufa*). Tampouco houve identificação dos erros associados ao conteúdo sobre POL, representado pelas proposições P₁₀ (*Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) - é formado por → políticos*) e P₁₅ (*políticos – conseguiram aumentar adequadamente a → ação conjunta dos países em nível global*). Esses últimos casos sugerem que não houve conhecimento algum que pudesse ser recuperado, tampouco

alguma compreensão sobre o assunto tratado nas aulas, o que impossibilitou os alunos desse grupo a analisarem de forma assertiva as proposições P₂, P₄, P₁₀ e P₁₅ do MCE.

O ponto forte de G₅ (n = 12), foi o conteúdo sobre FEN, 54% de identificação, representado pelas proposições P₂ (*Intensificação das mudanças climáticas – é responsável pelo → aumento da quantidade de tsunamis*) e P₄ (*Intensificação das mudanças climáticas – é a causa da → emissão antrópica de gases de efeito estufa*). Eles conseguiram lembrar que não há relação conceitual entre Mudanças Climáticas e tsunamis e ainda conseguiram analisar corretamente a proposição P₄ e perceber a inversão de seta no MC. Para 53% dos alunos deste grupo, foi possível identificar os erros inseridos nas proposições que trataram do conteúdo sobre a COP. As proposições referentes a esse conteúdo foram P₁₆ (*processo de tomada de decisão – não sofre interferência da → sociedade civil organizada*), P₁₇ (*sociedade civil organizada – mal acompanhou a → conferência das partes 15 (COP 15)*) e P₁₉ (*Acordo de Copenhague – foi uma resposta satisfatória as necessidades do → processo de adaptação*). O desempenho apresentado nesse conteúdo é resultado das várias discussões que ocorreram ao longo das aulas do Bloco 2 da disciplina de CN. Mesmo assim, nem todos os alunos conseguiram entender o que foi tratado em P₁₆ e P₁₉ ou ainda lembrar de conceitos que pudesse levar ao julgamento assertivo de P₁₇.

O ponto fraco deste grupo foi o conteúdo sobre POL, representado pelas proposições P₁₀ (*Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) - é formado por → políticos*) e P₁₅ (*políticos – conseguiram aumentar adequadamente a → ação conjunta dos países em nível global*). Ambas as proposições foram caracterizadas no nível alto/médio de dificuldade e este grupo de alunos não apresentou conhecimento suficiente que pudesse auxiliar no julgamento assertivo dessas proposições.

O ponto forte de G₆, (n = 23), foi o conteúdo sobre a COP, cujo percentual obtido foi de 72% de identificação. O conteúdo foi abordado pelas proposições P₁₆ (*processo de tomada de decisão – não sofre interferência da → sociedade civil organizada*), P₁₇ (*sociedade civil organizada – mal acompanhou a → conferência das partes 15 (COP 15)*) e P₁₉ (*Acordo de Copenhague – foi uma resposta satisfatória as necessidades do → processo de adaptação*). O bom desempenho apresentado por este grupo de alunos é resultado das discussões que ocorreram ao longo das aulas do Bloco 2 da disciplina de CN. O percentual obtido por esse grupo em relação a COP, revela que esses alunos conseguiram recuperar conceitos relevantes que ajudaram no julgamento assertivo das proposições. Outro ponto forte e que vale a pena ressaltar, foi o conteúdo sobre ENE,

abordado nas proposições P₂₀ (*processo de tomada de decisão – deve envolver a partir de agora → pequenos cortes nas emissões de gases de efeito estufa*), P₂₂ (*processo de tomada de decisão – envolveu no passado → grandes cortes nas emissões de gases de efeito estufa*) e P₂₈ (*utilização intensiva por fontes de energia renovável – ocorre de foram relevante nos → EUA*). Neste caso, 62% dos alunos apresentaram facilidade na identificação desses erros. Assim como em G₃, este grupo de alunos apresentou percentual de identificação acima da média da turma e do conteúdo sobre ENE.

Os pontos fracos deste grupo foram todos os outros conteúdos tratados no MCE. A categoria FEN, representada pelas proposições P₂ (*Intensificação das mudanças climáticas – é responsável pelo → aumento da quantidade de tsunamis*) e P₄ (*Intensificação das mudanças climáticas – é a causa da → emissão antrópica de gases de efeito estufa*) apresentou percentual de identificação de 7%. Isso revelou que esse conteúdo ainda causa muita confusão, porque muitos alunos não conseguiram entender o suficiente para julgar de forma assertiva os erros dessas proposições. O conteúdo sobre CIE foi o segundo pior percentual (20%) apresentado por esse grupo de alunos. As proposições que tiveram essa abordagem foram P₃ (*Intensificação das mudanças climáticas – é confirmada por todos os → estudos científicos*) e P₉ (*modelos matemáticos que descrevem cenários futuros – são imprecisos e comprometem → processo de tomada de decisão*). Lembrando que a primeira foi caracterizada no nível alto/médio de dificuldade, enquanto a segunda, no nível médio/baixo de dificuldade. Para a maioria dos alunos deste grupo, a dificuldade na identificação desses erros pode ter ocorrido porque muitos entenderam (erroneamente) que os estudos científicos em sua totalidade confirmam de fato a intensificação das Mudanças Climáticas e que os modelos matemáticos comprometem qualquer tomada de decisão.

A verificação dos pontos fortes e fracos dos grupos de alunos também foi possível porque as proposições utilizadas no MCE, não possuíam ambiguidades em seu conteúdo, eram claras e cada uma tratou de um só assunto em torno das Mudanças Climáticas.

Retomando uma ideia de Bloom, ele acreditava que era importante a aplicação de testes diagnósticos para que o domínio das unidades de ensino ficassem evidentes, pois entre os alunos existem diferenças que precisam ser levadas em conta para que cada um possa ser ajudado de alguma forma. O argumento para uso dos testes, segundo ele, estava fundamentado em uma padronização de rendimento dos mesmos, em que os critérios selecionados, atingidos pelos bons alunos, também poderiam ser atingidos por tantos outros em um momento posterior a aplicação (Depresbiteris, 1989).

Bloom defendia ainda uma educação contínua que pudesse ocorrer por toda a vida do aluno, ou seja, que ele pudesse continuar aprendendo (Depresbiteris, 1989). Com o tempo, atingiria a aprendizagem permanente. Esta aprendizagem consiste na construção de conhecimentos sobre aqueles já existentes e na aplicação deles em contextos diferentes da sala de aula. Para isso, o aluno precisa dominar as unidades de ensino contidas no currículo (Alves, 2013).

A avaliação formativa, por sua vez, é um tipo de avaliação contínua que também serve como controle da aprendizagem. Este tipo de avaliação não está preocupada em fazer julgamentos, porque faz parte da formação do aluno, evidenciando lacunas conceituais que precisam ser superadas, de acordo com os objetivos propostos (Alves, 2013).

Os resultados obtidos até aqui serviram para identificar as principais lacunas conceituais dos alunos e a próxima subseção apresenta as devolutivas elaboradas a partir dos materiais da disciplina de CN.

3.5.3 DEs elaboradas a partir dos materiais da disciplina de CN

A partir dos materiais instrucionais selecionados pelo professor para a disciplina de CN, foram elaboradas as DEs, que tiveram seu uso potencializado devido ao desempenho da turma e dos grupos de alunos conforme discutido na seção anterior.

As DIs foram elaboradas sem a necessidade dos materiais da disciplina e continham somente a mensagem: “*Essa proposição está errada*”. Devido a isso, não foram incluídas na Tabela 11 que mostra a relação entre as proposições incorretas e as DEs.

Tabela 11. DEs elaboradas a partir dos materiais da disciplina de CN para cada proposição incorreta do MC. “Continua”.

Proposição (P)	Devolutivas Específicas (DEs)
P₂: Intensificação das mudanças climáticas – é responsável pelo → aumento da quantidade de tsunamis	“Essa proposição está errada. Assista ao vídeo: Como funcionam os tsunamis – Alex Gendler”.
P₃: Intensificação das mudanças climáticas – é confirmada por todos → estudos científicos	“Essa proposição está errada. Veja o vídeo com a entrevista de Carlos Nobre no Roda Viva Bloco 3 - Bookmarks. Dê atenção ao trecho que se refere à pergunta 1: Os questionamentos dos céticos do clima são respeitáveis?” (Aula 8). “Leia o excerto a seguir, retirado do material Cientistas sob ataque - Revista FAPESP (Aula 8)”.
P₄: Intensificação das mudanças climáticas – é a causa da → emissão antrópica cumulativa de gases de efeito estufa	“Essa proposição está errada. Veja o vídeo com a entrevista de Carlos Nobre no Roda Viva Bloco 1 - Bookmarks. Dê atenção ao trecho que se refere à pergunta 3: Qual é o impacto das ações antropogênicas na intensificação das mudanças climáticas?”. “Refleta sobre quem é a causa e quem é o efeito na relação entre os conceitos dessa proposição” (Aula 8).
P₉: Modelos matemáticos que descrevem cenários futuros – são imprecisos e comprometem → processo de tomada de decisão	“Essa proposição está errada. Ouça o meu áudio explicativo sobre o conteúdo dessa proposição. “Leia o excerto do Relatório especial do IPCC sobre cenários de emissões” (Aula 7).
P₁₀: Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) - é formado por → políticos	“Essa proposição está errada. Leia o excerto a seguir, retirado do material Cientistas sob ataque - Revista FAPESP (Aula 8)”.
P₁₅: Políticos – conseguiram aumentar significativamente a → ação conjunta dos países em nível global	“Essa proposição está errada. Veja o vídeo com a entrevista de Carlos Nobre no Roda Viva Bloco 3 - Bookmarks. Dê atenção ao trecho que se refere à pergunta 3: É factível manter a meta de aquecimento do planeta em até 2°C?” (Aula 8).

Proposição (P)	Devolutivas Específicas (DEs)
P₁₆: <i>processo de tomada de decisão – não sofre interferência da → sociedade civil organizada</i>	<i>“Essa proposição está errada. Leia o excerto a seguir, retirado do material A COP15: Apontamentos de campo - Sérgio Abranches” (Aula 7).</i>
P₁₇: <i>sociedade civil organizada – mal acompanhou a → Conferência das Partes 15 (COP 15)</i>	<i>“Essa proposição está errada. Leia o excerto a seguir, retirado do material A COP15: apontamentos de campo - Sérgio Abranches” (Aula 7).</i>
P₁₉: <i>Acordo de Copenhague –foi uma resposta satisfatória frente às necessidades do → processo de adaptação</i>	<i>“Essa proposição está errada. Leia o excerto a seguir, retirado do material A COP15: apontamentos de campo - Sérgio Abranches” (Aula 7).</i>
P₂₀: <i>processo de tomada de decisão – deve envolver a partir de agora → pequenos cortes nas emissões de gases de efeito estufa</i>	<i>“Essa proposição está errada. Veja o vídeo com a entrevista de Carlos Nobre no Roda Viva Bloco 1 - Bookmarks. Dê atenção ao trecho que se refere à pergunta 2: Quais são os efeitos práticos do relatório?” (Aula 6).</i>
P₂₂: <i>processo de tomada de decisão – envolveu no passado → grandes cortes nas emissões de gases de efeito estufa</i>	<i>“Essa proposição está errada. Veja o vídeo com a entrevista de Carlos Nobre no Roda Viva Bloco 1 - Bookmarks. Dê atenção ao trecho que se refere à pergunta 2: Quais são os efeitos práticos do relatório?” (Aula 6).</i>
P₂₈: <i>utilização intensiva por fontes de energia renovável – ocorre de forma relevante nos → EUA</i>	<i>“Essa proposição está errada. Veja o vídeo com a entrevista de Carlos Nobre no Roda Viva Bloco 1 - Bookmarks. Dê atenção ao trecho que se refere à pergunta 7: Qual é o papel dos EUA na liderança do processo de mudança para uma economia de baixo carbono?” (Aula 6).</i>

Fonte: Adaptado do Professor de CN.

A seguir são apresentadas as descrições das devolutivas que foram elaboradas pelo professor.

Para a proposição P₂ (*Intensificação das mudanças climáticas – é responsável pelo → aumento da quantidade de tsunamis*) o conteúdo abordado foi sobre a relação entre a dinâmica interna e externa da Terra que teve inicialmente suporte do vídeo V₃ usado em CN. Mas, devido às dificuldades dos alunos, o professor selecionou outro vídeo, que não fez parte do material da disciplina. Porém, este vídeo foi importante porque serviu de apoio para explicar aos alunos que não identificaram o erro, a origem da formação dos tsunamis. Essa explicação passou primeiramente por um contexto histórico datado em 479 a.C., em que muitos soldados persas morreram afogados após uma tentativa de atravessar uma região, que subitamente, teve o mar recuado como mostra a Figura 21.

Figura 21. Contexto histórico para explicar o que é tsunami (parte 1).

Fonte: Adaptado de <https://www.youtube.com/watch?v=Wx9vPv-T51I>. [out. 2019].

Após a contextualização histórica, a Figura 22 mostra uma sequência do vídeo que explica de onde vem a energia que forma as ondas comuns.

Figura 22. Contexto para explicar o que é tsunami (parte 2): sequência mostra a origem da energia que forma as ondas comuns.

Fonte: Adaptado de <https://www.youtube.com/watch?v=Wx9vPv-T51I>. [out. 2019).

Nesta Figura o propósito foi mostrar como ocorre a formação das ondas comuns. O vento é o principal responsável e a superfície normalmente é a mais afetada, limitando o tamanho e velocidade da onda formada. Isso é diferente do que ocorre com o tsunami, como mostra a sequência de imagens na Figura 23.

Figura 23. Contexto para explicar o que é tsunami (parte 3): sequência mostra a origem da energia que forma o tsunami.

Fonte: Adaptado de <https://www.youtube.com/watch?v=Wx9vPv-T51I>. [out. 2019].

Esta sequência mostrou que a energia que forma o tsunami vem do fundo do mar, diferente das ondas comuns. Os principais causadores são: erupção vulcânica (quadro 7), deslizamento de terra (quadros 8 e 9) e terremoto no leito oceânico (quadros 10 – 14).

Os percentuais de identificação obtidos a partir do erro inserido em P₂, tanto pela turma, 24%, quanto pelos grupos de alunos (G₁ = 13%; G₂ = 41%; G₃ = 57%; G₄ = nenhuma identificação; G₅ = 54% e G₆ = 7%), confirmaram que a maioria apresentou dificuldades para lidar com tal conteúdo, como ocorre normalmente com a maioria dos alunos (Francek, 2013). Isso confirma o alto nível de dificuldade do erro inserido em P₂.

A proposição P₃ (*Intensificação das mudanças climáticas – é confirmada por todos → estudos científicos*) teve como suporte o vídeo V₃ e o texto T₄. O professor selecionou um trecho do vídeo em que o entrevistado Carlos Nobre, comentou sobre “a existência e importância dos pesquisadores céticos do clima. Para ele, é importante que existam essas pessoas sérias dentro da pesquisa científica, pois assim a ciência avança. Ele aproveita para diferenciar aqueles que não tem ligação alguma com a área climática e, mesmo assim, tentam confundir a opinião pública com relação a influência antrópica nas Mudanças Climáticas”. Para o texto, o professor destacou o trecho que reforçava o que foi abordado no vídeo com relação a existência dos céticos do clima. A Figura 24 mostra o trecho do material destacado pelo professor para o erro da proposição P₃.

Figura 24. Excerto de texto usado como devolutiva à proposição P₃.

CIENTISTAS SOB ATAQUE

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), órgão assessor das Nações Unidas para assuntos do clima, vive a fase mais turbulenta de seus 22 anos de existência. Na esteira da denúncia de uma suposta manipulação de dados em favor da ideia de que o aquecimento terá efeitos dramáticos e da descoberta de erros pontuais em seus relatórios lançados em 2007, o colegiado composto por cerca de 600 cientistas de mais de 40 países vem sendo alvo de uma forte campanha movida por diferentes grupos de interesse, tais como políticos conservadores e representantes de setores vinculados à exploração de energia fóssil. Eles andavam calados desde que os relatórios de 2007 informaram que o aquecimento global era inequívoco e, com probabilidade acima de 90%, as causas do progressivo aumento da temperatura média do planeta estavam ligadas à emissão de gases estufa na atmosfera por atividades humanas, além de terem identificado seus efeitos deletérios (modelos apontam para elevação do nível do mar, aumento de temperatura e extremos de chuva, o que pode gerar o surgimento de legiões de refugiados do clima e a extinção de espécies). Os chamados “céticos do clima” recolheram-se um pouco mais quando o painel foi agraciado com o Nobel da Paz de 2007 por “construir e divulgar um maior conhecimento sobre a mudança climática causada pelo homem e por fixar a base das medidas que são necessárias para resistir a essa crise”. Com os episódios recentes, porém, os críticos reenergizaram seu discurso e buscam desqualificar todo o trabalho do painel.

Fonte: Adaptado de <https://revistapesquisa.fapesp.br/2010/04/03/cientistas-sob-ataque/>. [out. 2019].

A proposição P₄ (*Intensificação das mudanças climáticas – é a causa da → emissão antrópica cumulativa de gases de efeito estufa*) teve suporte do vídeo V₁ e apresentou alto nível de dificuldade, devido aos baixos percentuais de identificação obtidos a partir das respostas dos alunos (apenas 30% identificaram esse erro, n = 25). Essa proposição tratou da relação de causa e consequência entre as Mudanças Climáticas e ações antrópicas. Para este caso, o professor selecionou um trecho do vídeo em que Carlos Nobre explicou que “*existe uma certeza científica diante de dados que mostram a relação direta das emissões cumulativas de GEE e Mudanças Climáticas. Ele ainda enfatiza que diante dos dados já obtidos não há uma causa natural que possa explicar tais efeitos no clima*”.

O professor ainda sugeriu, na própria devolutiva, que fosse feita uma reflexão acerca do que é causa e efeito, pois o sentido da seta estava invertido no MC, o que muda o sentido da informação contida na proposição.

Para o conteúdo tratado em P₉ (*Modelos matemáticos que descrevem cenários futuros – são imprecisos e comprometem → processo de tomada de decisão*) o professor gravou um áudio explicativo sobre os modelos matemáticos no contexto das Mudanças Climáticas. O conteúdo deste áudio foi: *“modelos matemáticos tem limitações, mas nada impede que cenários futuros sejam traçados. Os dados coletados servem para fazer projeções sobre como será o futuro. Você pode conferir no relatório de cenários do IPCC as várias famílias de cenários que servem para informar a tomada de decisão feita por não cientistas. Reflita sobre a imprecisão dos modelos ou dados científicos, isso não compromete a interpretação dos dados. Quanto maior a precisão dos dados, melhor será a interpretação deles. Por isso, nesse contexto, é que os modelos matemáticos inseridos, tem informado sim a tomada de decisão por parte dos políticos”*(transcrição da autora).

Os dados matemáticos e diferentes projeções foram apresentados no Relatório de Emissões Anuais de GEE no Brasil, texto T₃, mas teve que ser reforçado com um excerto de outro arquivo do IPCC (que também não fez parte dos materiais da disciplina de CN, assim como ocorreu com P₂). Esse arquivo mostrou os cenários possíveis diante das Mudanças Climáticas para a população mundial.

O comentário que o professor fez em seu áudio sobre as projeções, diz respeito ao excerto do relatório apresentado pela Figura 25. Na imagem é possível ver as famílias de cenários resultantes dos modelos matemáticos e ainda apresentou os detalhes de cada um que, de alguma forma, interferem na tomada de decisão dos não cientistas (políticos).

Figura 25. Conjunto de diferentes cenários originados por meio de modelos matemáticos utilizado como devolutiva à proposição P₉.

Fonte: Relatórios – relatório especiais (cenários de emissões). Disponível em <https://archive.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=03#spm1>. [out. 2019].

O destaque feito na legenda do texto pelo professor, serviu para apoiar o áudio gravado por ele. O conteúdo desse áudio tratava do “conjunto de cenários consiste em seis grupos de cenários extraídos das quatro famílias (A1, A2, B1 e B2), sendo um grupo para cada família A2, B1, B2 e três grupos dentro da família A1. Esta última, caracteriza desenvolvimentos alternativos de tecnologias de energia: A1FI (intensivo em combustíveis fósseis), A1B (balanceado) e A1T (combustível predominantemente não fóssil)”.

A proposição P₁₀ (Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) - é formado por → políticos) teve junto a devolutiva, o mesmo excerto de texto da proposição P₃. O procedimento foi semelhante: o professor destacou o trecho que interessava para contribuir com o entendimento do conteúdo abordado nessa proposição. A Figura 26 mostra o destaque feito pelo professor no texto T₄ que serviu como apoio à devolutiva de P₁₀.

Figura 26. Excerto de texto usado como devolutiva à proposição P₁₀.

Fonte: Adaptado de <https://revistapesquisa.fapesp.br/2010/04/03/cientistas-sob-ataque/>. [out. 2019].

A proposição P₁₅ (*Políticos – conseguiram aumentar significativamente a → ação conjunta dos países em nível global*) teve suporte do vídeo V₃ que trouxe uma orientação do professor quanto à pergunta 3: “*É factível manter a meta de aquecimento do planeta em até 2°C?*”. Carlos Nobre comentou e enfatizou por várias vezes que “*é factível, do ponto de vista tecnológico, atingir a meta de 2°C, de acordo com os dados e relatórios do IPCC, porém o que se observa é que não há um movimento muito intenso para se atingir esse objetivo*”.

A proposição P₁₆ (*processo de tomada de decisão – não sofre interferência da → sociedade civil organizada*) teve o texto T₂ como material de apoio. Neste texto, o professor destacou um trecho que orientava o aluno acerca da grande mobilização da sociedade civil diante das Mudanças Climáticas. A Figura 27 mostra o excerto de texto que serviu de apoio à devolutiva.

Figura 27. Excerto de texto utilizado como devolutiva à proposição P₁₆.

Fonte: Adaptado de <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100011>. [out. 2019].

Essa proposição também teve o vídeo V₃ como suporte. Neste caso, o professor deixou duas orientações para que o aluno se atentasse: (i) à pergunta 3: “*Por que a sociedade brasileira é sensível às questões sobre mudanças climáticas?*” e (ii): “*Note que ele (Carlos Nobre) aposta na interferência da sociedade sobre o legislativo*”. No vídeo, ele comentou sobre uma “*força da sociedade que pode interferir nas políticas públicas relacionadas ao bem estar, qualidade de vida e meio ambiente. Para ele, a sociedade brasileira não tem um conhecimento científico muito aguçado, mas reconhece e tem percepção da necessidade de harmonia com a natureza*”.

A proposição P₁₇ (*sociedade civil organizada – mal acompanhou a → Conferência das Partes 15 (COP 15)*) teve como suporte em sua devolutiva exatamente o mesmo excerto de texto destacado em P₁₆. Com isso, as considerações são as mesmas.

A proposição P₁₉ (*Acordo de Copenhague –foi uma resposta satisfatória frente às necessidades do → processo de adaptação*) também teve o suporte do texto T₂ (assim como foi em P₁₆), porém o trecho destacado pelo professor foi outro, pois essa proposição tratou do fracasso do Acordo de Copenhague para o processo de adaptação, como mostra a Figura 28.

Figura 28. Excerto de texto utilizado como devolutiva à proposição P₁₉.

A COP15:

apontamentos de campo

SÉRGIO ABRANCHES

p.125 –

Ao chegarem a Copenhague, os chefes de Estado interromperam a reunião das Partes, a COP15. Ao deixarem Copenhague sem uma declaração coletiva para formalizar o acordo político que haviam fechado, deixaram um vazio político. Quando ficou claro que os líderes haviam debandado sem anunciar o acordo, a COP15 adernou. Uma só palavra passou a ser usada por todos para descrever o quadro: “fracasso”. Foi o que disse, por exemplo, o presidente da Comissão Europeia em coletiva de imprensa na noite de sexta-feira, 18 de dezembro, pouco antes da tentativa de Rasmussen de introduzir formalmente o Acordo para decisão do plenário da COP15. E foi um fracasso. Uma clara falha de liderança coletiva dos dirigentes das maiores potências do mundo. Não conseguiram chegar a uma visão comum de suas responsabilidades nacionais e planetárias.

Fonte: Adaptado de <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100011>. [out. 2019].

As proposições P₂₀ (*processo de tomada de decisão – deve envolver a partir de agora → pequenos cortes nas emissões de gases de efeito estufa*) e P₂₂ (*processo de tomada de decisão – envolveu no passado → grandes cortes nas emissões de gases de efeito estufa*) tiveram como suporte o vídeo V₁ em que o professor chamou a atenção, para ambos os casos, à pergunta 2: “*Quais são os efeitos práticos do relatório?*”. Carlos Nobre comentou que “*há sim a possibilidade de ações práticas a partir do relatório*”. Ele comenta ainda sobre o Protocolo de Kyoto de 1997 que veio como uma resposta tímida à Conferência Rio 92, mas que deixou muito a desejar em termos de ações sobre o clima. Há uma certeza que, em termos de interferência humana, existe a necessidade de aumentar os cortes em 80% ou mais, para se garantir segurança. Ações conjuntas devem ser para realizar grandes cortes nas emissões e não o contrário (transcrição da autora).

Por fim, a proposição P₂₈ (*utilização intensiva por fontes de energia renovável – ocorre de forma relevante nos $\rightarrow$ EUA*) também teve como suporte o vídeo V₁. Para este caso, o professor chamou a atenção do aluno à pergunta 7: “*Qual é o papel dos EUA na liderança do processo de mudança para uma economia de baixo carbono?*”. Carlos Nobre comentou que “*os EUA tem um potencial tecnológico muito grande, mas não ganha escala. Devido a isso, o país já perdeu a possibilidade de liderança no que diz respeito a economia de baixo carbono. Como o país utiliza muita energia fóssil, não há a possibilidade de enxergar ainda um cenário diferente vindo da maior economia do planeta*” (transcrição da autora).

3.6 Conclusões do Estudo 1

Este Estudo foi importante para verificar o potencial do MCE como atividade avaliativa, que por sua vez, ajudou na identificação das lacunas conceituais de alunos do ensino superior e ainda potencializou o uso das DEs.

Algumas vantagens foram verificadas quando o professor passa a ser o mapeador e não mais o aluno. Essas vantagens foram:

- aplicação da atividade avaliativa usando MCs em pouco tempo (15 minutos);
- fácil manipulação do nível de dificuldade de cada proposição do MC, de acordo com o interesse e objetivos instrucionais do professor;
- rápida correção e liberação dos resultados por meio do e-Disciplinas;
- praticidade na obtenção de dados da turma e de grupos de alunos que corroboram com a tomada de decisão em torno do planejamento curricular e objetivos instrucionais;
- rápida constatação de alunos que apresentam desempenhos individuais distintos entre si (bons ou ruins), mesmo dentro de uma turma com bom rendimento;

- rápido levantamento dos conteúdos que os alunos apresentam mais dificuldades (evidências obtidas pelos erros cometidos na atividade avaliativa), o que favorece uma tomada de decisão mais eficiente, pontual e assertiva por parte do professor.

O erro, nesta perspectiva, é importante à avaliação diagnóstica e formativa porque orienta o professor na compreensão de como os alunos estão aprendendo o assunto abordado (Luckesi, 2011; Perrenoud, 1999).

Para os alunos também foram observadas vantagens, tais como:

- necessidade somente de ler o MCE, apesar de terem sido treinados na técnica de mapeamento;
- necessidade somente de Lembrar e Entender fatos e/ou conceitos (Habilidades do tipo LOCS) (Tsapalis & Zoller, 2003);
- rápida execução da atividade e oportunidade de trocar informações com o professor acerca dos erros cometidos;
- a partir do desempenho obtido, começar a repensar e buscar caminhos para melhorar.

Com essas vantagens, o uso de MCE em sala de aula torna-se mais atraente ao professor de qualquer modalidade de ensino, desde que ele seja o mapeador. Se ele dispuser de recursos tecnológicos, como o e-Disciplinas, pode-se ganhar em escala no sentido de distribuição de atividades avaliativas e devolutivas para uma grande quantidade de pessoas. Isso se torna muito interessante especialmente entre professores universitários que possuem turmas muito numerosas, (presencial ou a distância), porque mal se conhecem os alunos, e o pior, mal se consegue operacionalizar alguma ação de melhoria do processo ensino – aprendizagem (Yilmaz, 2017). Mesmo assim, as devolutivas ainda são consideradas recursos pedagógicos de grande valor, mas esse valor se perde, por vezes, devido a grande quantidade de alunos em sala de aula que o professor precisa atender (Zher, Hussein, & Saat, 2016).

4. ESTUDO 2: EFEITO DAS DEVOLUTIVAS ESPECÍFICAS NO DESEMPENHO DOS ALUNOS APÓS O REESTUDO DIRIGIDO

Neste capítulo, o leitor encontrará os métodos utilizados para a coleta e análise de dados, bem como, os principais resultados obtidos neste Estudo que ocorreu com 87 alunos ingressantes na EACH/USP e que cursaram a disciplina de CN no 1º semestre de 2018.

4.1 Objetivos e pergunta de pesquisa

O objetivo deste Estudo foi avaliar o efeito das devolutivas específicas (DEs) e também das inespecíficas (DIs) no desempenho dos alunos após o reestudo dirigido e captar a percepção deles quanto ao uso dessas devolutivas para compreender o conteúdo a partir dos próprios erros.

As perguntas que nortearam este Estudo foram:

- (i) Como as devolutivas influenciaram no desempenho dos alunos após o reestudo dirigido?*
- (ii) Qual foi a percepção dos alunos quanto ao uso das devolutivas?*

Para responder a essas perguntas, o capítulo foi dividido em algumas seções que descreverão e detalharão os passos adotados para obtenção dos principais resultados.

4.2 Contexto da pesquisa

A estrutura da disciplina de CN em 2018 foi a mesma apresentada no Estudo 1 e o contexto também foi o mesmo: Bloco 2 sobre Mudanças Climáticas. Em termos de atividades avaliativas, neste caso, foram utilizadas quatro, sendo dois MCEs e dois Testes de Múltipla Escolha, TME(s).

4.3 Coleta de dados

Assim como no ano anterior, para este Estudo os alunos também passaram por treinamento da técnica de mapeamento durante as aulas do Bloco 1 que tratou sobre a temática do Universo.

A coleta dos dados deste Estudo ocorreu em dois momentos presenciais da disciplina de CN (também em um Laboratório de Informática da EACH/USP). O primeiro foi na Aula 10 com a realização da avaliação formal da disciplina, em maio de 2018. Essa avaliação continha dois MCEs, sendo um deles o mesmo do Estudo 1, denominado aqui como MCE E₁ e o outro MCE E₂ (será apresentado na próxima seção). Também foi utilizado um TME, denominado como TME 1. O outro momento da coleta foi realizado seis semanas depois da avaliação formal e/ou ainda uma semana após o reestudo dirigido, mais precisamente no período de Recuperação (Rec). Para esta coleta utilizou-se um outro TME, denominado TME 2.

As orientações acerca da atividade avaliativa usando MCEs foram as mesmas do Estudo 1. Para este Estudo, foram disponibilizados 15 minutos para cada MCE. Para o TME 1, o professor disponibilizou 30 minutos. O controle do tempo de todas as atividades avaliativas foi feito diretamente no e-Disciplinas, pois, diferente do Estudo 1, todas as atividades realizadas em 2018 ocorreram nessa plataforma.

A Figura 29 mostra como foi a coleta de dados deste Estudo, conforme descrição anterior e mais detalhes seguem na sequência.

Figura 29. Coleta de dados do Estudo 2.

Fonte: a autora.

Os detalhes de cada atividade avaliativa da Prova 2 foram:

- MCE E₁: os alunos precisavam identificar os erros inseridos no MC;
- MCE E₂: assim como o anterior, o objetivo desta atividade também foi a identificação dos erros inseridos no MC;
- TME 1: os alunos tiveram que responder 12 questões sobre Mudanças Climáticas, sendo que cada uma era composta por 3 afirmativas que deveriam ser julgadas como certas ou erradas para assinalar a alternativa correta (ver apêndice A).

O acesso às devolutivas elaboradas no Estudo 1 aconteceu na Aula 15 (final do Bloco 3 sobre Bioética) e foram inseridas nos dois MCEs da prova 2. Esses MCs foram utilizados neste Estudo somente como meio de distribuição das devolutivas do professor. A estratégia de espaçar em algumas semanas a entrega das devolutivas foi com a intenção de exigir dos alunos a recuperação dos conceitos trabalhados ao longo das aulas sobre Mudanças Climáticas. A recuperação de conceitos após algumas semanas é um indício de aprendizagem significativa.

A distribuição das devolutivas ocorreu conforme descrito a seguir.

- Condição A (n = 41): os alunos receberam DE referente ao conteúdo do MCE E₁ e DI do MCE E₂. No primeiro caso, a devolutiva sinalizou que houve um erro e direcionou os alunos para um material específico sobre o conteúdo tratado na proposição. Para o segundo caso, a devolutiva apresentou caráter mais genérico e não direcionou os alunos para material algum.
- Condição B (n = 46): os alunos receberam DI referente ao conteúdo do MCE E₁ e DE do MCE E₂. No primeiro caso, a devolutiva apresentou caráter mais genérico e não direcionou os alunos para material algum. Enquanto no segundo caso, além da indicação do erro cometido, os alunos foram direcionados para um material específico sobre o conteúdo tratado na proposição.

A Figura 30 mostra como foi realizada a entrega das devolutivas (DIs e DEs) a partir do e-Disciplinas, considerando as duas condições experimentais descritas acima. Esse exemplo refere-se a proposição P₁₀ (*Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas – é formado por → políticos*) do MCE E₁.

Figura 30. Tipos de devolutivas distribuídas aos alunos utilizando MCEs.

Fonte: a autora.

A DI foi genérica e pouco informativa, tanto que nenhuma outra informação foi fornecida para apoiar a reflexão dos alunos acerca desse erro, além da mensagem “*Essa proposição está errada*”. A DE teve uma mensagem mais direcionada ao conteúdo da proposição ao qual ela estava associada, pois sugeria aos alunos que revisassem um dos materiais já discutidos durante a disciplina de CN.

No exemplo acima, a proposição trata da formação do IPCC, e neste caso, o conteúdo está errado, pois são pesquisadores e cientistas de diferentes áreas que o compõem a entidade e não políticos. Por isso, a DE foi elaborada utilizando um excerto de texto com um trecho em destaque, para que os alunos pudessem tomar ciência dessa informação.

Após o reestudo dirigido, os alunos tiveram uma nova oportunidade, durante a Rec, para responder a outras questões ($n = 12$) sobre Mudanças Climáticas. Esse TME 2 também foi composto por 3 afirmativas em cada questão em que os alunos deveriam julgar como corretas ou incorretas para assinalar uma alternativa. Nenhuma dessas questões eram idênticas àsquelas contidas no teste anterior (ver apêndice B). Após esse período de Rec, os alunos ainda puderam manifestar sua percepção quanto ao uso das

devolutivas, respondendo um questionário eletrônico que foi entregue via e-Disciplinas. Este questionário continha 11 questões (ver apêndice C) e os alunos deveriam julgar as afirmativas quanto ao uso das devolutivas e o quanto elas impactaram em seu desempenho após o reestudo dirigido. Para isso, foi utilizada uma escala Likert de 9 níveis, sendo 1 = *Discordo totalmente*, 5 = *Não concordo, nem discordo* e 9 = *Concordo totalmente*. Os demais valores representam situações intermediárias para discordar ou concordar. Para fins de exemplificação, segue uma questão que fez parte desse questionário eletrônico:

Questão 1. Os comentários que eu recebi foram úteis para rever partes específicas da matéria.

Indique sua resposta usando a escala numérica entre 1 - 9.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

A seguir são apresentados os instrumentos que foram utilizados como atividades avaliativas durante este Estudo realizado em 2018.

4.3.1 Atividades avaliativas: MCEs e TMEs

As atividades avaliativas utilizadas antes do reestudo dirigido foram:

- MCE E₁: foi o mesmo utilizado no Estudo 1 (retornar Figura 12).
- MCE E₂: contém 22 conceitos ligados entre si por termos de ligação, formando 28 proposições, sendo 10 delas contendo erros conceituais inseridos intencionalmente pelo professor, como mostra a Figura 31.

Figura 31. MCE utilizado para distribuição das devolutivas. Os destaques em vermelho são os erros conceituais inseridos pelo professor. *Pergunta Focal: Como o desenvolvimento científico-tecnológico está relacionado com as mudanças climáticas?*

Fonte: Professor de CN.

A proposição P_3 (*combustíveis fósseis – tais como o* $\rightarrow$ *etanol*), assim como P_2 , P_4 e P_5 , tratou de um exemplo de combustível fóssil, que neste caso, está errado, pois o etanol tem sua origem a partir da cana-de-açúcar. O conteúdo dessa proposição foi abordado no vídeo V_1 quando Carlos Nobre comentou que *o Brasil domina a cadeia produtiva do bioetanol (biomassa)*.

A proposição P_7 (*reação de combustão – produz* $\rightarrow$ *oxigênio*) tratou, juntamente com P_9 , dos gases formados na reação de combustão. Os gases são: oxigênio e gás carbônico, respectivamente. O primeiro está errado, pois ele é necessário para que a reação de combustão ocorra e não o contrário, enquanto o segundo é um produto da reação. Esse assunto foi tratado no texto T_3 que destacou o gás carbônico como principal gás resultante da queima de combustíveis fósseis.

A proposição P₈ (*oxigênio – é um dos → gases de efeito estufa (GEE)*) tratou de exemplos de GEE. Neste caso, foi colocado o oxigênio de forma incorreta como um desses exemplos. Esse assunto também foi tratado no texto T₃ que destacou ainda o gás carbônico como um dos principais GEE.

Na proposição P₁₂ (*atmosfera – é → estática*) tratou-se de forma incorreta sobre o funcionamento da atmosfera. Neste caso, o conteúdo foi abordado de forma indireta nos vídeos V₁ e V₂. Nestes vídeos, Carlos Nobre comentou *sobre a certeza científica em torno da emissão antrópica cumulativa dos GEE, indicando que a ação humana influencia no dinamismo da atmosfera.*

A proposição P₁₄ (*aquecimento global – é um → fenômeno natural*) sugere que o aquecimento global é um fenômeno natural. No texto T₁, José Goldemberg trouxe um modelo ilustrativo em que mostra o efeito estufa para aquecimento do planeta (característica natural do passado). Para o presente e futuro, o autor apresentou um modelo que mostra o agravamento do efeito estufa devido as emissões antrópicas de GEE.

Em P₁₅ (*aquecimento global – cria condições favoráveis para o → desenvolvimento da vida na Terra*) a proposição tratou do aquecimento global e das condições favoráveis para o desenvolvimento da vida na Terra. No vídeo V₃, Carlos Nobre esclareceu a relação entre o aquecimento global e as condições de vida no planeta. Ele comentou que *as espécies são adaptáveis as mudanças climáticas, mas nem todas. Por exemplo, com o aumento de 4°C na temperatura global, segundo ele, aproximadamente, 40% de toda biodiversidade do planeta passa a ficar ameaçada pelo aquecimento.*

A proposição P₁₈ (*matriz energética mundial – precisa ter maior contribuição dos → combustíveis fósseis*) tratou da matriz energética mundial. Essa proposição está incorreta e no vídeo V₁, Carlos Nobre citou alguns exemplos de fontes renováveis e ainda comentou que *os combustíveis fósseis podem ser usados como ponte à sustentabilidade do futuro.* Isso não significa que a matriz energética mundial precisa de mais combustíveis fósseis como sugere o conteúdo da proposição, pelo contrário, é necessário diminuí-los.

A proposição P₁₉ (*matriz energética mundial – é formada sobretudo por → fontes sustentáveis de energia*) tratou da matriz energética mundial e as fontes sustentáveis de energia. Os comentários feitos por Carlos Nobre no vídeo V₁ e que foram úteis para P₁₈, também serviram para P₁₉. Ele enfatizou que *a matriz energética de vários países tem como principal fonte os combustíveis fósseis, apesar de já existirem algumas mudanças.*

O conteúdo de P₂₀ (*fontes sustentáveis de energia – estão diretamente relacionados com a → intensificação das mudanças climáticas*) tratou da relação das fontes sustentáveis de energia com a intensificação das Mudanças Climáticas. No vídeo V₁, Carlos Nobre enfatizou que *a intensificação das Mudanças Climáticas tem causa devido as emissões antrópicas cumulativas de GEE e não uma causa natural, tampouco as fontes sustentáveis de energia.*

Por fim, a proposição P₂₇ (*desenvolvimento tecnológico – não gera → desenvolvimento científico*) teve destaque em um trecho do vídeo V₁ que tratou desse conteúdo. Carlos Nobre comentou que *o Brasil domina a cadeia produtiva do bioetanol. Por isso, há necessidade de mais investimentos para dominar todos os outros elos da cadeia produtiva. Segundo ele, o Brasil pode licenciar tecnologias de outros lugares, mas possui potencial, tanto pela educação quanto pela ciência, para o desenvolvimento de outras tecnologias, que permitam o domínio de diferentes cadeias produtivas. Para que isso ocorra, ainda segundo Carlos Nobre, o Brasil precisa de investimentos para o desenvolvimento tecnológico e de parcerias com países industrializados, como a China, para ganhar escala em termos de energias renováveis.*

A Tabela 12 apresenta, de forma resumida, o conteúdo de cada proposição incorreta do MCE E₂ e a relação entre cada uma com o(s) respectivo(s) material(ais) da disciplina de CN.

Tabela 12. Resumo da relação entre as proposições incorretas do MCE E₂ e os materiais da disciplina de CN.

Proposição com erro (P)	Conteúdo da proposição	Aula 6			Aula 7		Aula 8				Aula 9	
		T ₁	V ₁	T ₂	T ₃	V ₂	T ₄	T ₅	V ₃	V ₄	T ₆	V ₅
P₃ (<i>combustíveis fósseis – tais como o → etanol</i>)	Exemplo de combustível fóssil		X									
P₇ (<i>reação de combustão – produz → oxigênio</i>)	Reação de Combustão				X							
P₈ (<i>oxigênio – é um dos → gases de efeito estufa (GEE)</i>)	Exemplos de GEE				X							
P₁₂ (<i>atmosfera – é → estática</i>)	Dinâmica da Terra		X			X						
P₁₄ (<i>aquecimento global – é um → fenômeno natural</i>)	Aquecimento global	X										
P₁₅ (<i>aquecimento global – cria condições favoráveis para o → desenvolvimento da vida na Terra</i>)	Aquecimento global								X			
P₁₈ (<i>matriz energética mundial – precisa ter maior contribuição dos → combustíveis fósseis</i>)	Matriz energética mundial		X									
P₁₉ (<i>matriz energética mundial – é formada sobretudo por → fontes sustentáveis de energia</i>)	Matriz energética mundial		X									
P₂₀ (<i>fontes sustentáveis de energia – estão diretamente relacionados com a → intensificação das mudanças climáticas</i>)	Fontes de energia sustentável		X									
P₂₇ (<i>desenvolvimento tecnológico – não gera → desenvolvimento científico</i>)	Desenvolvimento científico e tecnológico		X									

Fonte: a autora.

TME E₂: esta atividade foi elaborada com 12 questões, sendo cada uma com 3 afirmativas, em que os alunos tiveram que julgar como certas ou erradas para indicar a alternativa correta. A alternativa “*Prefiro não responder*” foi colocada em todas as questões dos dois TMEs como uma forma de se evitar possíveis “chutes” dos alunos. Esta alternativa, quando assinalada, não beneficiava nem prejudicava a pontuação do aluno na atividade.

Para exemplificação, segue uma questão que fez parte dessa atividade avaliativa e a alternativa sublinhada é a correta.

Questão 1. Considere as seguintes afirmações:

- I. O Brasil explora a energia solar mais intensamente do que a Alemanha.*
- II. As mudanças climáticas tem relação com o aumento de incidência de tsunamis.*
- III. A COP 15 contou com uma ampla cobertura da mídia.*

É correto o que se afirma apenas em:

- a. I.*
- b. II.*
- c. III.*
- d. I e II.*
- e. II e III.*
- f. Prefiro não responder.*

Na sequência segue uma questão que fez parte do TME 2 para exemplificação. A alternativa sublinhada é a correta

Questão 1. Considere as seguintes afirmações:

- I. A queima de combustíveis fósseis é apontada como a principal causa as mudanças climáticas.*
- II. Um carro movido a etanol não emite gás carbônico.*
- III. O IPCC é formado por políticos.*

É correto o que se afirma apenas em:

- a. I.
- b. II.
- c. III.
- d. I e II.
- e. II e III.
- f. *Prefiro não responder.*

A próxima seção traz o detalhamento de todas as análises realizadas com os dados coletados para obtenção dos resultados do presente Estudo.

4.4 Análise de dados

Esta seção trata da metodologia adotada para análise dos dados obtidos a partir da coleta e que possibilitaram:

- a comparação do desempenho dos alunos antes e após o reestudo dirigido;
- o agrupamento dos alunos por similaridade de desempenho nos TMEs;
- a comparação do desempenho dos alunos de duas condições experimentais (A e B);
- a comparação do desempenho dos alunos da condição A e B, antes e após o reestudo dirigido e,
- a percepção dos alunos quanto ao uso das devolutivas utilizadas no reestudo dirigido.

4.4.1 Comparação do desempenho dos alunos antes e após o reestudo dirigido

Os dois TMEs aplicados foram suficientes para obter dados que permitiram comparar o desempenho dos alunos antes e após o reestudo dirigido.

Neste caso, utilizou-se o sistema de pontuação do professor da disciplina de CN para codificar as respostas dos alunos. Esse sistema de pontuação consistiu em atribuir 1 ponto para o julgamento correto da afirmativa e perda de 0,5 ponto para o julgamento incorreto. A opção “*Prefiro não responder*” ofereceu ao aluno a oportunidade de não responder o teste, sem ser penalizado ou beneficiado. Para exemplificar o funcionamento

desse sistema de pontuação, considere uma questão do TME E₂, em que a alternativa sublinhada é a correta e a Tabela 13 na sequência apresenta o valor de cada alternativa.

Questão 1. Considere as seguintes afirmações:

I. O Brasil explora a energia solar mais intensamente do que a Alemanha.

II. As mudanças climáticas tem relação com o aumento da incidência de tsunamis.

III. A COP 15 contou com uma ampla cobertura da mídia.

É correto o que se afirma apenas em:

a) I.

b) II.

c) III.

d) I e II.

e) II e III.

f) Prefiro não responder

Tabela 13. Sistema de pontuação do professor de CN para os TMEs.

Alternativas	Pontuação do aluno
a) I	- 0,5
b) II	- 0,5
c) III	1,0
d) I e II	- 0,5
e) II e III	1,0
f) Prefiro não responder	0,0

Fonte: a autora.

Neste sistema de pontuação, o interesse estava no julgamento individual das afirmativas, independente do aluno acertar ou errar o TME. Para a questão utilizada acima, a afirmativa III é a única correta, portanto, os alunos que indicaram as alternativas “c” ou “e”, receberam 1 ponto. Aqueles que julgaram a afirmativa III como incorreta, ou ainda, as outras como corretas (alternativas “a”, “b” e “d”), foram penalizados com perda de 0,5 ponto.

O desempenho dos alunos foi analisado e comparado para verificar a existência de diferenças significativas entre o TME 1 e o TME 2. Para isso, as seguintes variáveis foram consideradas:

- nota do aluno: mínima 6 e máxima 12;
- acertos: quantidade de respostas corretas (máximo 12);
- erros: quantidade de respostas incorretas (máximo 12);
- prefiro não responder: quantidade de alunos que optaram por não responder alguma questão (máximo 87).

Essas variáveis foram importantes para descrever os resultados obtidos, e, a partir delas, realizar a análise utilizando o teste - t pareado. Esse teste permitiu comparar o desempenho dos alunos antes e após o reestudo dirigido.

4.4.2 Busca por padrão de desempenho entre os alunos

A existência de padrões entre os dados foi verificada a partir da HCA, idêntico ao Estudo 1, e confirmada a partir da análise de componentes principais (PCA, do inglês *Principal Component Analysis*).

Ambas as análises permitiram a visualização gráfica de todo o conjunto de dados obtidos, mesmo quando o número de amostras e variáveis é elevado. A PCA, em particular, visa reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados original, preservando a maior quantidade de informação possível. Essa redução é obtida por meio do estabelecimento de novas variáveis que corroboram a interpretação dos dados, a partir do reconhecimento de padrões. Além disso, também é possível verificar quais parâmetros analisados (variáveis) são os responsáveis pela formação dos grupos das amostras de interesse (Correia & Ferreira, 2007). O programa *Pirouette 3.1.1* foi utilizado para realizar essas duas análises.

Somado a isso, utilizou-se ainda a análise ANOVA que serviu para comparar os diversos valores médios dos grupos obtidos na PCA. Considerando isso, a ANOVA informou como as variáveis interagiram entre si e quais os efeitos gerados a partir dessas interações (Field, 2009). Para complementar a análise, utilizou-se o teste *Post Hoc de Tukey*, que tem por finalidade verificar a efetividade da diferença obtida na ANOVA e,

ainda facilitou a identificação dos casos onde as diferenças entre os grupos teve significado estatístico (HAWKINS, 2014). Essas diferenças foram indicadas por letras que revelaram a qualidade do desempenho dos alunos. O programa Pacote Estatístico para as Ciências Sociais (SPSS, do inglês *Statistical Package for the Social Sciences*) foi utilizado para fazer esses e outros testes estatísticos necessários neste Estudo.

4.4.3 Comparação entre duas condições experimentais

Duas condições experimentais (A e B) se diferenciaram entre si pelos tipos de devolutivas que os alunos receberam para o reestudo dirigido. Com as médias obtidas antes e após o reestudo dirigido, foi possível testar uma análise usando o teste – t independente que buscou por diferenças entre os alunos das condições A e B.

4.4.4 Comparação do desempenho dos alunos da condição A e B antes e após o reestudo dirigido

As médias obtidas pelos alunos das condições A e B, antes e após o reestudo dirigido, foram comparadas utilizando o teste – t pareado. Essa análise buscou por evidências do efeito das devolutivas no desempenho dos alunos de cada condição experimental.

4.4.5 Percepções dos alunos quanto ao uso das devolutivas no reestudo dirigido

Aos alunos foi solicitado que respondessem um questionário Likert de 9 níveis. Utilizou-se os percentuais obtidos para a discordância total e/ou parcial (1 – 4), para a imparcialidade (5) e para a concordância parcial e/ou total (6 – 9) diretamente do e-Disciplinas. Esses percentuais médios revelaram as percepções dos alunos quanto ao uso das devolutivas utilizadas durante o reestudo dirigido.

A próxima seção apresenta os principais resultados obtidos a partir das análises realizadas.

4.5 Resultados e discussão

A partir das análises, foram obtidos resultados relevantes acerca do uso das devolutivas durante o reestudo dirigido e ainda foi possível verificar o quanto elas impactaram no desempenho da turma e de grupos de alunos.

Foi possível também verificar o quão as devolutivas foram aceitas pelos alunos. Isso aconteceu por meio de um questionário eletrônico que revelou o quanto eles perceberam a importância do uso das devolutivas (DIs e DEs) como algo útil para melhorar o entendimento sobre o tema trabalhado. Essa importância foi maior quando a devolutiva era direcionada a um conteúdo específico (DE).

4.5.1 Desempenho dos alunos antes e após o reestudo dirigido

Os resultados apresentados na Tabela 14 foram obtidos a partir da realização do teste – t pareado.

Tabela 14. Resultados do teste t-pareado¹ para comparar o desempenho dos alunos.

Variável	Média±D.P. ²	Valor de t ³	Sig. (bicaudal) ⁴
Nota (P ₂)	2,21±2,09	-5,46	0,000*
Nota (SC)	3,86±2,31		
Acertos (P ₂)	5,23±1,88	-5,27	0,000*
Acertos (SC)	6,62±2,13		
Erros (P ₂)	5,17±1,67	4,89	0,000*
Erros (SC)	4,01±1,61		
Prefiro não responder (P ₂)	1,60±1,51	1,30	0,20
Prefiro não responder (SC)	1,37±1,50		

¹O software SPSS foi utilizado para realizar o teste – t pareado. ²Desvio Padrão. ³Graus de liberdade = 86. ⁴As médias são significativamente diferentes(*) quando Sig. <0,05. Fonte: a autora.

A variável “*Prefiro não responder*” foi excluída de todas as análises, porque ela não apresentou diferença significativa e não contribuiu para explicar a variância do conjunto de dados obtidos.

Na média, os alunos apresentaram melhora no desempenho do TME 2 ($M = 3,86$, $DP = 2,31$) quando comparado ao TME 1 ($M = 2,21$, $DP = 2,09$) o que sugere uma possível relação com o uso das devolutivas durante o reestudo dirigido.

Esses primeiros resultados não apontaram se o efeito positivo das devolutivas atingiu todos os alunos da mesma forma. Alguns podem ter apresentado desempenho bom, enquanto outros, apresentaram desempenho ruim. Por isso, o professor não pode focar sua atenção somente em um aluno ou um grupo, é necessário que exista um olhar atento para o coletivo, pois o que é conhecido por um grupo não necessariamente é pelo outro (Luckesi, 2011; Perrenoud, 1999).

Considerando isso, a fim de verificar se houve alguma particularidade na turma, realizou-se a busca por padrões de similaridade de desempenho e os resultados são apresentados na próxima subseção.

4.5.2 Grupos de alunos com padrão de desempenho semelhante

A partir dos dados coletados na atividade avaliativa, foi realizada uma HCA para verificar a existência de padrões e obteve-se 4 grupos de alunos ($G_1 - G_4$) com 50% de similaridade entre eles, como mostra o dendograma da Figura 32.

Figura 32. Dendograma obtido a partir da Análise por Agrupamento Hierárquico (HCA) para o E2. G_n , n= número do grupo.

Fonte: a autora.

Ainda com esses dados realizou-se uma PCA que corroborou a existência dos grupos apresentados acima. Para isso, foram selecionados 3 componentes principais que explicaram 99,6% da variância do conjunto de dados obtidos. O gráfico de dispersão da Figura 33 mostra as componentes principais e os grupos destacados.

Figura 33. Gráfico de dispersão obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA).

G_n , n = número do grupo.

Fonte: a autora.

A média do desempenho desses grupos foi útil para identificar as diferenças significativas entre eles e representá-las a partir de subgrupos nomeados com letras (A – D). O subgrupo A indica melhor desempenho e B, C e D, representam desempenhos cada vez piores. A partir dessas informações, os grupos G_1 – G_4 foram caracterizados da seguinte maneira:

- G₁: desempenho dos alunos foi muito melhor no TME 2 quando comparado ao TME 1.
- G₂: desempenho dos alunos foi melhor no TME 2 quando comparado ao TME 1.
- G₃: desempenho dos alunos foi muito pior no TME 2 quando comparado ao TME 1.
- G₄: desempenho dos alunos foi ruim em ambos os TMEs.

A Tabela 15 apresenta o valor médio para o desempenho da turma e de cada grupo, bem como os subgrupos de desempenhos.

Tabela 15. Resultados da ANOVA de um fator¹ para comparar as médias dos grupos de alunos.

Variável ²	G ₁ (n=17)	G ₂ (n=37)	G ₃ (n=18)	G ₄ (n=15)	Média (n=87)
Nota (P ₂)	2,71±2,23	1,70±1,40	4,55±1,27	0,11±1,25	2,21±2,09
Subgrupos	B	B	A	C	-
Nota (SC)	7,07±1,05	4,32±1,06	2,14±1,56	1,15±0,92	3,86±2,31
Subgrupos	A	B	C	C	-
Acertos (P ₂)	5,82±1,88	4,89±1,29	7,17±1,10	3,07±1,22	5,23±1,88
Subgrupos	B	B	A	C	-
Acertos (SC)	9,47±0,87	7,05±1,08	5,17±1,47	4,07±1,10	6,62±2,13
Subgrupos	A	B	C	C	-
Erros (P ₂)	5,18±1,74	5,73±1,45	3,44±1,34	5,87±0,99	5,17±1,67
Subgrupos	B	B	A	B	-
Erros (SC)	2,06±1,03	3,76±0,86	5,22±1,40	5,40±1,30	4,01±1,61
Subgrupos	A	B	C	B	-

¹O software SPSS foi utilizado para realizar a ANOVA de um fator. ²Os subgrupos representam diferenças significativas entre as médias (Sig. < 0,05) obtidas a partir do teste Post Hoc de Tukey. Fonte: a autora.

Os dados da Tabela revelaram que os alunos do grupo G₁ apresentaram a melhor nota após o reestudo dirigido (TME 2 = 7,07; DP = 1,05), enquanto o grupo G₂ apresentou a segunda melhor nota (TME 2 = 4,32; DP = 1,06), seguido dos grupos G₃ e G₄ que apresentaram notas ruins (TME 2 = 2,14; DP = 1,56) e (TME 2 = 1,15 DP = 0,92), respectivamente.

O reestudo dirigido foi efetivo para 62% dos alunos (G_1 e G_2 ; $n = 54$) devido a melhora da nota no TME 2, consequência do aumento da quantidade de acertos e diminuição dos erros. O desempenho apresentado por esses alunos, sugere que eles conseguiram atingir os objetivos esperados pela atividade avaliativa. O fato deles apresentarem um desempenho melhor no TME 2, mostra ainda que houve recuperação de conceitos relevantes sobre Mudanças Climáticas, e, isso, foi suficiente para que eles pudessem lidar novamente com os materiais da disciplina e aproveitar o máximo dos comentários do professor sobre o assunto, mesmo após algumas semanas da realização da prova 2.

Para 21% dos alunos (G_3 , $n = 18$) o reestudo dirigido não foi efetivo, porque houve uma piora na nota do TME 2. Os acertos diminuíram e os erros aumentaram, indicando um cenário atípico. O conteúdo oferecido aos alunos desse grupo, por meio das devolutivas, não serviu como apoio para o desenvolvimento deles. Ou então, eles não utilizaram as devolutivas entregues pelo professor durante o reestudo dirigido.

Para 17% dos alunos (G_4 , $n = 15$) também não houve diferença relevante no desempenho das atividades avaliativas, mesmo com uma discreta melhora na nota do TME 2. Os alunos desse grupo não foram impactados pelas devolutivas após o reestudo dirigido e mantiveram o pior desempenho entre todos aqueles que realizaram as atividades avaliativas. Por isso, o reestudo dirigido, neste caso, pode ter sido utilizado como uma tentativa de se estudar novamente todo o conteúdo abordado no Bloco 2 da disciplina de CN, mesmo após algumas semanas.

Com os dados obtidos nas atividades avaliativas usando TME, foi possível comparar as médias dos alunos para as condições experimentais A e B que se diferenciaram pelo tipo de devolutiva entregue por meio dos MCEs. Os detalhes são apresentados na próxima subseção.

4.5.3 Comparação entre duas condições experimentais

As médias dos alunos das duas condições experimentais A e B foram analisadas a partir do teste – t independente. Este teste revelou o desempenho dos alunos nas atividades avaliativas, após o reestudo dirigido, de acordo com o tipo de devolutiva que receberam nos dois MCEs. A Tabela 16 mostra os dados obtidos com o teste – t independente.

Tabela 16. Resultados do teste - t independente¹ para comparar o desempenho dos alunos das condições experimentais A e B.

Variável	Média±D.P.		Valor de t ²	Sig. (bicaudal) ³
	A (n=41)	B (n=46)		
Nota (P ₂)	1,66±1,94	2,83± 2,11	-2,69	0,009*
Nota (SC)	3,46±2,46	4,31±2,06	-1,74	0,09
Acertos (P ₂)	4,74±1,93	5,78±1,70	-2,66	0,009*
Acertos (SC)	6,24±2,25	7,05±1,91	-1,80	0,08
Erros (P ₂)	5,52±1,30	4,78±1,96	2,06	0,043*
Erros (SC)	4,22±1,66	3,78±1,54	1,27	0,21

¹O software SPSS foi utilizado para realizar o teste-t independente. ²Graus de liberdade = 86.

³As médias são significativamente diferentes(*) quando Sig. <0,05. Fonte: a autora.

Antes do reestudo dirigido, os alunos da condição A (n = 41) apresentaram desempenho inferior no TME 1 (média da nota = 1,66; DP = 1,94), quando comparados com aqueles da condição B (média da nota = 2,83; DP = 2,11). Após o reestudo dirigido, esse cenário continuou o mesmo: alunos da condição A com desempenho inferior aos alunos da condição B, (Condição A: média da nota = 3,46; DP = 2,46; Condição B: média da nota = 4,31; DP = 2,06). Porém, o que vale ser ressaltado aqui é que, para ambas as condições experimentais, os alunos apresentaram desempenho melhor após o reestudo dirigido, independentemente do tipo de devolutiva que receberam (DI e/ou DE) e do conteúdo tratado no MCE.

A comparação das médias das duas condições experimentais revelou diferença significativa apenas nas variáveis nota, acertos e erros do TME 1. No TME 2, apesar da melhora em ambas as condições, as médias não apresentaram diferença significativa quando comparadas entre si. Com isso, é sugerido que o reestudo dirigido tenha servido para equiparar os desempenhos dos alunos das duas condições.

Ainda foi possível comparar o efeito das devolutivas no desempenho dos alunos, após o reestudo dirigido e de cada condição experimental, como é detalhado na sequência.

4.5.4 Comparação do desempenho dos alunos da condição A e B antes e após o reestudo dirigido

A Tabela 17 apresenta os resultados para o teste – t pareado que comparou as médias obtidas pelos alunos, após o reestudo dirigido, para a condição A e B. O objetivo foi verificar o efeito das devolutivas no desempenho dos alunos das duas condições.

Tabela 17. Resultado do teste - t pareado¹ para comparar o desempenho dos alunos da condição A (n = 41).

Variável	Média±D.P.	Valor de t ²	Sig. (bicaudal) ³
Nota (P ₂)	1,66±1,94	-4,41	0,000*
Nota (SC)	3,46±2,46		
Acertos (P ₂)	4,74±1,93	-4,13	0,000*
Acertos (SC)	6,24±2,25		
Erros (P ₂)	5,52±1,30	4,06	0,000*
Erros (SC)	4,22±1,66		

¹O software SPSS foi utilizado para realizar o teste-t pareado. ²Graus de liberdade = 86. ³As médias são significativamente diferentes(*) quando Sig. <0,05. Fonte: a autora.

Os dados acima revelaram que os alunos dessa condição apresentaram melhor desempenho após o reestudo dirigido, pois a nota do TME 2 (Nota = 3,46; DP = 2,46) aumentou quando comparada ao TME 1 (Nota = 1,66; DP = 1,94). O aumento da nota indica que as devolutivas impactaram os alunos dessa condição de forma positiva (valores médios com diferenças significativas).

As médias dos alunos da condição B, também foram comparadas entre si, após o reestudo dirigido, utilizando o teste – t pareado, como mostra a Tabela 18.

Tabela 18. Resultados do teste - t pareado¹ para comparar o desempenho dos alunos da condição B (n = 46).

Variável	Média±D.P.	Valor de t ²	Sig. (bicaudal) ³
Nota (P ₂)	2,83±2,11	-3,27	0,002*
Nota (SC)	4,31±2,06		
Acertos (P ₂)	5,78±1,70	-3,27	0,002*
Acertos (SC)	7,05±1,91		
Erros (P ₂)	4,78±1,96	2,82	0,007*
Erros (SC)	3,78±1,54		

¹O software SPSS foi utilizado para realizar o teste-t pareado. ²Graus de liberdade = 86. ³As médias são significativamente diferentes quando Sig. <0,05. Fonte: a autora.

Os dados acima revelaram que os alunos dessa condição também apresentaram desempenho melhor após o reestudo dirigido, pois a nota do TME 2 (Nota = 4,31; DP = 2,06) foi maior quando comparada ao TME 1 (Nota = 2,83; DP = 2,11).

Os dados obtidos confirmam que, independente do tipo de devolutiva, (DI e/ou DE), o impacto nos alunos dessa condição também foi positivo (valores médios com diferenças significativas). Isso corrobora o princípio da avaliação formativa em que o uso de qualquer devolutiva é decisivo, pois é o momento em que o professor reorienta o aluno, melhora as aprendizagens em curso e ainda replaneja sua própria prática pedagógica (Luckesi, 2011; Perrenoud, 1999). O que deve ser evitado, considerando uma avaliação

do tipo formativa, é a não entrega de devolutivas. Se não existem devolutivas, a valiação não é formativa.

O efeito positivo das devolutivas para os alunos das duas condições experimentais pode estar associado ao planejamento do professor que, por sua vez, passou pela elaboração das devolutivas do Estudo 1. Neste caso, o professor precisou se atentar que alguns conhecimentos precisam ser construídos, porque os alunos, muitas vezes, apresentam defasagens (Luckesi, 2003).

Quando o professor elabora devolutivas, não se pretende dar a resposta pronta ao aluno, mas sim criar condições para que ele compreenda o que é necessário, se desenvolva e utilize as informações em novas avaliações (Luckesi, 2003).

A próxima subseção apresenta os detalhes da percepção dos alunos com relação ao uso das devolutivas e suas preferências ao tipo que melhor ajudou a compreender o assunto a partir dos próprios erros.

4.5.5 Percepções dos alunos quanto ao uso das devolutivas no reestudo dirigido

A partir do questionário eletrônico com escala Likert foi possível obter 72 respostas (83% do total de alunos que realizaram as atividades avaliativas) que apresentaram evidências do quanto os alunos concordaram ou discordaram das afirmativas que trataram da importância do uso das devolutivas, bem como o melhor tipo de devolutiva para apoiar o reestudo dirigido.

A Tabela 19 mostra as afirmativas usadas no questionário e os percentuais médios obtidos para a discordância total e/ou parcial (1 – 4), a imparcialidade (5) e a concordância parcial e/ou total (6 – 9) para cada uma delas.

Tabela 19. Percepções dos alunos quanto ao uso das devolutivas inseridas nos MCEs. “Continua”.

Afirmativas do questionário	Percentual médio de discordância total e/ou parcial (escala Likert 1 – 4)	Percentual médio de imparcialidade (escala Likert 5)	Percentual médio de concordância parcial e/ou total (escala Likert 6 – 9)
Afirmativa 1: Eu achei os comentários com conteúdo adicional (textos, vídeos, áudios etc.) úteis para melhorar meu entendimento sobre o tema em estudo.	5%	7%	88%
Afirmativa 2: Os comentários com conteúdo adicional (textos, vídeos, áudios etc.) ajudam os alunos a estudarem a partir dos seus próprios erros.	3%	3%	94%
Afirmativa 3: Eu achei os comentários genéricos " <i>Essa proposição está errada</i> " úteis para melhorar meu entendimento sobre o tema em estudo.	32%	15%	53%
Afirmativa 4: Os comentários genéricos " <i>Essa proposição está errada</i> " foram mais úteis do que os comentários com conteúdo (textos, vídeos, áudios etc.).	67%	7%	26%
Afirmativa 5: Os comentários genéricos " <i>Essa proposição está errada</i> " ajudam os alunos a estudarem a partir dos seus próprios erros.	32%	15%	53%
Afirmativa 6: Os comentários que eu recebi foram úteis para rever partes específicas da matéria.	4%	11%	85%

Afirmativas do questionário	Percentual médio de discordância total e/ou parcial (escala Likert 1 – 4)	Percentual médio de imparcialidade (escala Likert 5)	Percentual médio de concordância parcial e/ou total (escala Likert 6 – 9)
Afirmativa 7: Eu gostaria de receber comentários sempre que fizer uma atividade usando Mapa Conceitual Com Erros.	3%	5%	92%
Afirmativa 8: Eu gostaria de receber comentários sempre que fizer testes de múltipla escolha.	2%	4%	94%
Afirmativa 9: Os comentários dos professores NÃO ajudam os alunos a estudarem a partir dos seus próprios erros.	88%	5%	7%
Afirmativa 10: Somente a nota na atividade é suficiente para ajudar os alunos a estudarem a partir dos seus próprios erros.	82%	11%	7%

Fonte: a autora.

O percentual de concordância entre os alunos com relação ao uso das devolutivas foi maior quando se analisou as afirmativas que trataram das DEs, afirmativa 1 (88%) e afirmativa 2 (94%). Essas, fizeram menção ao uso dos comentários com materiais adicionais inseridos pelo professor. Para as afirmativas que trataram das DIs, a maioria dos alunos também sinalizou que o seu uso foi positivo, afirmativas 3 e 5 (53% cada). Apenas 26% dos alunos, concordaram que as DIs foram mais úteis que as DEs (afirmativa 4), o que sinaliza uma preferência da maioria pelas DEs.

De um modo geral, a maioria dos alunos (85%) concordou que as devolutivas foram úteis para rever partes do conteúdo (afirmativa 6). Os alunos ainda sinalizaram que gostariam de receber comentários sempre que realizassem alguma atividade usando MCE (92%) e/ou TME (94%), afirmativas 7 e 8, respectivamente. Por outro lado, apenas 7% dos alunos concordou que os comentários não ajudaram a estudar a partir dos próprios erros (afirmativa 9), e o mesmo percentual concordou que só a nota obtida na atividade foi suficiente para ajudar a estudar a partir dos próprios erros (afirmativa 10).

De acordo com a percepção dos alunos, ficou evidente que as devolutivas (DI e/ou DE) sempre serão bem-vindas após uma atividade avaliativa, pois elas ajudaram a melhorar a compreensão do assunto abordado e contribuíram para que eles estudassem a partir dos próprios erros. Mas as DEs foram preferidas pelos alunos, pois facilitaram a compreensão do conteúdo específico tratado nas proposições do MCE.

Em uma avaliação formativa aliada a uma prática docente que busca melhorias de resultados e se preocupa com o crescimento e desenvolvimento dos alunos, o que precisa ser evitada, é a ausência das devolutivas. Estas por sua vez, nada mais são que um conjunto de informações, orientações e estímulos que, ao serem bem elaboradas, devem ser claras, respeitosas, inclusivas e formativas, assim como a própria avaliação formativa, ao qual esse recurso é importante (Alves, 2013).

4.6 Conclusões do Estudo 2

O uso do MC pode ajudar na promoção do entendimento de algum assunto que esteja sendo trabalhado em sala de aula, pois ele pode ser usado não só como atividade avaliativa, mas também como instrumento de ensino, atividade diagnóstica ou ainda fechamento de tópicos de um dado tema.

O professor, como mapeador, selecionará os conceitos mais relevantes que os alunos precisam dominar. Não havendo domínio de algum conteúdo específico, o professor consegue detectar rapidamente usando um MCE, pois o padrão considerado correto (gabarito) já está pronto, e assim, a correção e a entrega de devolutivas (que deve existir sempre) aos alunos é mais rápida (Luckesi, 2003).

O uso do MCE como atividade avaliativa propicia uma rapidez no fluxo de informações entre professor e alunos e ainda permite o acompanhamento e reorientação do processo de construção dos resultados esperados. Esse é o planejamento do ensino, que deve passar pela avaliação, tomadas de decisão e reorientações a fim de alcançar os objetivos instrucionais (Luckesi, 2003).

O uso do MCE traz como benefício ao aluno, a possibilidade do rápido retorno do professor que pode discutir, comentar e corrigir os erros ainda em sala de aula, logo após a realização da atividade. Essa é uma oportunidade para que os alunos estudem a partir dos próprios erros e possam assimilar conteúdos que contribuam com seu crescimento e desenvolvimento (Luckesi, 2003).

Quando um ou mais alunos apresentam desempenhos ruins em uma atividade avaliativa (como ocorreu nesta pesquisa), significa que eles ainda não conseguiram entender o conteúdo trabalhado e não aprenderam o assunto da maneira correta ou de acordo com o padrão estabelecido como correto. Por isso, a partir dos erros cometidos, que resultam nos desempenhos ruins, os alunos podem se esforçar para tentar compreendê-los, desde sua constituição (como é esse erro?) até sua origem (como emergiu esse erro?) e ainda utilizá-los como fonte do seu próprio crescimento. Com isso, para que haja aprendizagem, os conteúdos precisam ser entendidos da forma correta (Luckesi, 2011). As devolutivas elaboradas e distribuídas pelo professor ajudam nesse sentido.

De posse das devolutivas, os alunos podem repensar e refletir a partir de seus erros, e o professor, por sua vez, passa a oferecer uma nova oportunidade para que eles realizem outra atividade que possa mostrar melhora no desempenho deles.

As DIs e as DEs elaboradas em 2017 e utilizadas em 2018, foram eficazes para ajudar a maioria dos alunos na recuperação de conteúdo e promoção de entendimento sobre Mudanças Climáticas.

A percepção dos alunos quanto ao uso das devolutivas foi positiva conforme os resultados obtidos no questionário eletrônico baseado em uma escala Likert de 9 níveis. A maioria dos alunos aprovou o uso das devolutivas para ajudar a estudar a partir dos

próprios erros. Eles perceberam o uso das devolutivas (DIs e/ou DEs) como uma forma importante de se estudar algum conteúdo que tenha sido mais difícil durante o período de instrução da disciplina. Os dados obtidos com o questionário também corroboram o princípio da avaliação formativa com relação a importância da entrega de devolutivas após uma atividade avaliativa. Isso é muito importante para o aluno porque há possibilidade de melhora a partir da reorientação do professor (Luckesi, 2011; Perrenoud, 1999).

A forma como ocorreu a distribuição das atividades avaliativas e devolutivas neste Estudo merece destaque, porque com o uso do e-Disciplinas para distribuir as atividades usando MCE e as devolutivas, ficou evidente a possibilidade de se ganhar escala numérica no ensino superior.

O uso de um recurso tecnológico não é uma condição obrigatória para que o professor realize suas atividades e ainda entregue devolutivas aos alunos. Pelo contrário, as atividades podem ser entregues e realizadas na forma que for conveniente e relevante ao professor. As devolutivas, por sua vez e independentemente do meio, precisam ser entregues tão logo o professor consiga para que o aluno desfrute dos benefícios desses recursos ainda durante o período das aulas.

Mesmo com todo esse cenário vantajoso (para professor e alunos), ainda é necessário pensar em ambientes que não oferecem recursos tecnológicos suficientes para desenvolver as atividades como foi com a disciplina de CN. Para uso do MCE em sala de aula, basta o professor ser proficiente na técnica de mapeamento e, pelo menos, treinar os alunos para ler os MCs. Considerando o exposto, nada impede que o MCE seja aplicado diretamente no papel e em pouco tempo também. A correção do MC, entrega de resultados e troca de informações entre professor e alunos pode ocorrer ainda em sala de aula, logo após a realização da atividade e de forma rápida, pois os resultados são imediatos e já existe um gabarito pronto para isso.

Esse tipo de atividade avaliativa que utilizou um MCE sobre Mudanças Climáticas também privilegiou a alfabetização científica e o levantamento de conhecimentos científicos por alunos que não são exclusivamente da área de Ciências. Lembrando que a disciplina de CN é ofertada aos ingressantes de todos os cursos da EACH/USP, de diferentes áreas do conhecimento, no 1º semestre de cada ano letivo.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS DA PESQUISA

Pretendeu-se com esta pesquisa verificar o uso do MCE como atividade avaliativa para organizar a rápida entrega de devolutivas (DIs e/ou DEs), conforme as lacunas conceituais dos alunos que cursaram a disciplina de CN no 1º semestre de 2017 e 2018.

Esta disciplina busca oferecer aos alunos ingressantes nos diferentes cursos da EACH/USP, uma visão geral sobre Ciência em três grandes aspectos: Universo, Mudanças Climáticas e Bioética. Em cada Bloco da disciplina de CN, os conteúdos previstos no planejamento do professor são discutidos em sala de aula e as atividades (individuais ou em colaboração) são desenvolvidas ao longo das semanas, tanto de forma presencial, quanto a distância. Tudo isso é uma forma de preparação dos alunos às avaliações que ocorrem sempre ao final de cada Bloco temático.

A intensa rotina de um professor faz com que o uso do MC acabe sendo uma forma de mudar a dinâmica de trabalho em sala de aula. Ao solicitar que os alunos elaborem MCs, o professor “ganha” muitas atividades para corrigir e não consegue devolvê-las, juntamente com devolutivas (situação ideal), em tempo de algum aproveitamento dos alunos. Se não há devolutivas, a atividade usando MC restringe-se à observação de quem realizou o que foi solicitado. Por conta disso, muitos professores não se sentem motivados para incorporar o MC em sua rotina diária. Na disciplina de CN, ocorre de forma diferente: o professor utiliza frequentemente MCs, principalmente o MCE, como uma das atividades avaliativas.

Para a realização das atividades usando MCE, os alunos precisam passar por um treinamento básico na técnica de mapeamento para aprender a ler os MCs e cumprir as atividades previstas na disciplina. Esse treinamento leva aproximadamente quatro semanas e aliado ao domínio de conteúdo, o professor leva vantagem, pois ele é o especialista no assunto que está sendo mapeado. Quando o aluno é o mapeador, ele precisa dominar a técnica de mapeamento e o assunto que está sendo mapeado. Se houver algum conceito que ele ainda não domine, a tendência é que isso não apareça em seu MC, prejudicando qualquer avaliação do professor em torno de seu conhecimento. Por outro lado, quando o professor é o mapeador, ele insere os conceitos mais relevantes para a avaliação e também os erros para que o aluno mostre indiretamente o que ele entendeu sobre o assunto tratado.

O MCE exige dos alunos a recuperação de conceitos importantes e isso ficou evidente nesta pesquisa com o alto percentual de identificação para alguns erros e baixo percentual em outros.

Considerando isso, ao professor mapeador, passa a existir uma praticidade na obtenção de dados relacionados ao conhecimento cognitivo do aluno e que contribuem para qualquer tomada de decisão em torno do seu planejamento curricular (Correia, Infante-Malachias, & Godoy, 2008).

O Estudo 1 foi importante porque utilizou o MCE para identificar lacunas conceituais acerca do conhecimento dos alunos sobre Mudanças Climáticas (Bloco 2) após um período de instrução. Com os dados obtidos foi possível inferir que o MCE foi eficaz na identificação dessas lacunas em pouco tempo de aplicação. Os dados obtidos também forneceram subsídios para a obtenção da média da turma e de grupos de alunos, o que contribuiu para uma análise dos níveis de dificuldades dos erros a partir de percentuais de identificação, o que favoreceu o uso das devolutivas.

Dependendo da forma como o professor elabora o MCE e, de acordo com os seus objetivos instrucionais, esta atividade avaliativa pode ser mais fácil ou mais difícil em termos de identificação dos erros. As informações obtidas mostraram que, devido às dificuldades (maiores ou menores) encontradas pelos alunos para identificar alguns erros no MC, é muito importante e necessário que o professor entregue as devolutivas após qualquer atividade desenvolvida pelos alunos.

Nesta pesquisa ainda foram apresentadas as devolutivas (DIs e DEs) elaboradas pelo professor a partir dos materiais da disciplina de CN e que foram potencializadas pelo desempenho dos alunos.

As devolutivas foram distribuídas e acessadas a partir de dois MCEs durante o Estudo 2. Esse acesso ocorreu ao final do Bloco 3 da disciplina de CN (Bloco de Bioética) e a intenção foi analisar o efeito dessas devolutivas após o reestudo dirigido. Após as análises, foram apresentados dados que revelaram: (i) o efeito positivo das devolutivas (DIs e/ou DEs) no desempenho dos alunos após o reestudo dirigido, (ii) a importância da entrega das devolutivas, segundo os princípios da avaliação formativa, e (iii) a importância dessas devolutivas a partir da opinião dos alunos, especialmente das DEs. Segundo eles, as devolutivas foram úteis para aprender com os próprios erros.

Por fim, são apresentadas na sequência, algumas limitações da pesquisa e perspectivas de estudos futuros utilizando MCE, bem como algumas implicações educacionais em torno da avaliação educacional e as considerações finais da autora.

5.1 Limitações da pesquisa e perspectivas de estudos futuros

Algumas limitações foram identificadas durante o desenvolvimento desta pesquisa. Elas permitiram idealizar a continuidade de Estudos sobre o uso do MCE na rotina de sala de aula.

Durante a análise dos dados, verificou-se que, além da identificação das lacunas conceituais dos alunos, também seria importante estudar o melhor tipo de devolutiva específica (áudio, texto ou imagem) que poderia ser entregue no reestudo dirigido. Por exemplo, para a proposição que tratou da formação de tsunamis (P₂: *Intensificação das mudanças climáticas – é responsável pelo → aumento da quantidade de tsunamis*), foi entregue uma devolutiva na forma de vídeo. Para este conteúdo talvez tenha sido a melhor saída do professor, pois se tratava de uma animação bem didática com relação ao que é o tsunami. Em outras proposições, como aquela que tratou dos modelos matemáticos para projeções futuras sobre o clima (P₉: *Modelos matemáticos que descrevem cenários futuros – são imprecisos e comprometem → processo de tomada de decisão*), foi entregue um áudio do professor explicando o papel desses modelos e também foi entregue uma imagem de cenários de projeções futuras para o clima, retirada de um relatório de emissões do IPCC que não fazia parte dos materiais da disciplina de CN. Talvez essa não fosse a melhor estratégia, pois a devolutiva orientava o aluno para que escutasse o áudio e olhasse a imagem para refletir sobre o conteúdo da proposição. Só isso talvez não fosse suficiente para garantir que o aluno compreendesse o conteúdo da proposição. Neste caso, talvez seria interessante trocar a imagem do relatório de emissões do IPCC por algum excerto do texto T₃ que era o material da disciplina associado a essa proposição.

Essa reflexão em torno do tipo de devolutiva específica que poderia ter sido entregue seria útil a todos os alunos, especialmente àqueles pertencentes ao grupo G₄ que apresentou e manteve um desempenho ruim mesmo após o reestudo dirigido. Neste caso, pode ter ocorrido a tentativa de se estudar todo o conteúdo novamente a partir das devolutivas e, por isso, não ocorreu o efeito desejado.

É interessante que haja um estudo sobre o engajamento do aluno diante das devolutivas disponibilizadas para o reestudo dirigido e ainda fazer um acompanhamento individual e/ou coletivo durante o desenvolvimento da disciplina e não só em momentos pontuais como ocorreu nesta pesquisa. Isso está baseado nos resultados obtidos pelos alunos pertencentes ao grupo G₃ que apresentou o melhor desempenho antes do reestudo dirigido e, após ele, teve um dos piores desempenhos (o que não seria o esperado, pois as

devolutivas foram elaboradas com o objetivo de ajudar a melhorar o desempenho dos alunos e não o contrário). Lembrando que a maioria dos alunos que realizaram as atividades avaliativas em 2018, concordaram que as devolutivas foram importantes e úteis para ajudar na compreensão do conteúdo a partir dos próprios erros.

O que ocorreu com esse grupo de alunos, sugere que as devolutivas não foram utilizadas por eles e a atividade avaliativa (TME 2) foi realizada sem muito compromisso, pois eles já tinham apresentado um bom desempenho anterior. Neste tipo de situação caberia então inserir no questionário de percepção algum tipo de questão sobre engajamento que revelasse ao professor se os alunos usaram as devolutivas e como usaram. Por outro lado, também deve ser levado em conta o fator emocional e um envolvimento dos alunos para que queiram recuperar algum conteúdo ainda mal compreendido no final de um semestre letivo. Isso é fundamental para que ocorra alguma aprendizagem (Carless, 2007; Luckesi, 2011; Perrenoud, 1999; Price, Handley & Millar, 2011; Yilmaz, 2017). Essa motivação em busca da melhoria, passa pelo efeito positivo das devolutivas que deve ocorrer se o aluno de fato as utilizar, como muitos assumem que usam (Covic & Jones, 2008; Hatie & Timperley, 2007).

As devolutivas são importantes para mediar as interações entre professor e aluno, o que favorece a opção pela aprendizagem significativa em detrimento da mecânica que possui alguns aspectos emocionais negativos e pouco (ou nenhum) conhecimento relevante (Correia et al., 2016; Kinchin et al., 2008; Novak, 2010).

A partir desta pesquisa o espaço para estudos que exploram o MCE no ambiente educacional tende a aumentar, pois foi apresentada uma nova forma de se avaliar o domínio de conhecimento dos alunos diante de assuntos sobre Ciências e a distribuição de devolutivas de uma forma mais rápida.

Com isso, outros estudos ainda podem emergir a partir desta pesquisa, como:

- explorar o uso do MCE em outras áreas do conhecimento (Ciências Humanas, Biológicas e Tecnológicas, entre outras), disciplinas, modalidades de ensino (presencial e/ou a distância), níveis de escolaridade (ensino básico comum e/ou técnico) e ainda outros tópicos de Ciências;
- comparar o desempenho de alunos usando MCE antes e após o reestudo dirigido, com possibilidade de se comparar com os resultados obtidos nos TMEs;

- explorar os conteúdos em que os alunos apresentaram melhora ou piora após o reestudo dirigido;
- acompanhar os alunos antes, durante e depois de qualquer instrução, a fim de verificar sua evolução ao longo de todo o processo de ensino–aprendizagem;
- explorar o acesso dos alunos ao e-Disciplinas nos dias em que o período de reestudo dirigido está vigente e nos momentos que antecedem a nova avaliação de recuperação.

5.2 Implicações Educacionais

O MCE favoreceu a identificação das lacunas conceituais dos alunos, e, a partir desta pesquisa, deve abrir e ampliar possibilidades interessantes de estudos não só no Ensino de Ciências, mas também em outras áreas do conhecimento. Deve despertar também o interesse de professores de diferentes modalidades de ensino, no sentido de se tornarem mapeadores ou ainda se tornarem mais proficientes na técnica para adotar o MC em sua rotina diária.

Com os resultados favoráveis ao uso do MCE em sala de aula, é possível inferir que sua utilização é possível, porque é aplicável em pouco tempo e favorece uma rápida correção do professor e entrega de devolutivas que pode ser feita via plataforma tecnológica (como correu nesta pesquisa) ou imediatamente ao término da avaliação em sala de aula.

Vale ressaltar ainda que o MCE não é apresentado nesta pesquisa como única solução aos desafios da avaliação em sala de aula, mas é um instrumento complementar à rotina do professor de qualquer nível e/ou modalidade de ensino. O MCE ainda surge como uma atividade complementar que vai compor a avaliação formativa que consiste na combinação de outros instrumentos avaliativos, como um TME por exemplo.

Diante do exposto, é importante ressaltar que o professor deve planejar sua disciplina com objetivos claros e estratégias que promovam no aluno algum tipo de mudança. Essa mudança, por sua vez, deve permitir que o aluno reflita sobre os seus erros e ganhe autonomia para buscar a melhora sempre, podendo ainda atuar como futuro cidadão crítico, pensante e ativo no meio em que vive.

5.3 Considerações finais da autora

Uma coisa é certa com relação a finalização desta etapa da Pós-Graduação: aquela pessoa do início não existe mais. Escrevo isso no sentido de perceber o quanto fui transformada como pessoa, pois tive que superar várias dificuldades e percalços que cruzaram meu caminho ao longo desse período do Mestrado. Essas dificuldades são pontuadas como medo, raiva, angústia, desespero, ansiedade, ter que me dividir em algumas partes para honrar com os compromissos de uma casa, me dedicar a pesquisa e trabalhar. Este último foi relativamente fácil de fazer já que a vida inteira foi assim. Mas nem tudo foi só momentos ruins, tive muitos momentos bons, como minha qualificação em que, mesmo depois de um enorme susto com minha mãe, eu consegui me superar e fazer um bom trabalho para chegar aqui mais fortalecida. Aconteceram outros momentos bons também e de grande euforia, quando enfim, percebi o grande valor do meu trabalho não só para mim, mas para professores que como eu, pensamos em uma educação melhor, que seja mais inclusiva e que o conhecimento do aluno seja cada vez mais valorizado.

As experiências que vivi e ainda vivo no GPMC tem um valor imensurável, pois fui colocada à prova em vários momentos dentro do grupo, tais como: apresentações de seminários e resultados de minha pesquisa, por exemplo. Aprender novos assuntos a partir do trabalho de um colega também foi algo muito valioso. Toda a rotina do grupo com certeza me ajudou a crescer, ser mais crítica e me desafiou a fazer o meu melhor sempre.

As disciplinas cursadas também foram muito importantes para mim, a disciplina de Química Orgânica por exemplo, conduzida pela professora Daisy de Brito, me trouxe algumas visões interessantes acerca do entendimento de alguns processos orgânicos, mas me forçou a lembrar de assuntos tratados na graduação e que não são muito utilizados em minha rotina em sala de aula.

A disciplina de Seminários conduzida pelo professor Ivã Gurgel, me proporcionou a chance e honra de ter contato com professores que são referências em diferentes estudos na área de Educação e Ensino de Ciências e isso me deixou muito animada.

A disciplina do professor Paulo Correia sobre Mapas Conceituais foi aquela que despertou meu interesse na área e contribuiu na decisão de seguir por essa trajetória.

A disciplina da professora Maria Eunice sobre Conceitos Químicos: Dificuldades de Ensino e Aprendizagem, foi uma que eu tive a chance de falar pessoalmente o quanto ela me transformou, porque eu nunca imaginava que gostaria tanto de uma disciplina como essa ministrada com toda excelência por essa professora que é referência no Ensino

de Química. Sua disciplina foi importante para que a professora Marília começasse a repensar a sua prática, além de ter sido conduzida de uma forma muito boa, pois as atividades desenvolvidas semanalmente eram muito motivadoras, apesar de trabalhosas.

A disciplina do professor Maurício Pietrocola sobre Ensino, Aprendizagem e Cultura Didática: Complexidade Escolar e Análise Multi – Lógica, foi uma disciplina que eu demorei um pouco para entender o seu funcionamento, mas depois de algum tempo, fiquei muito interessada e motivada. Tive algumas dificuldades durante a disciplina, mas mesmo assim consegui realizar as leituras e atividades previstas, bem como participar das discussões enriquecedoras para minha formação. Essa disciplina também me transformou, principalmente porque tive várias oportunidades de refletir sobre diversos assuntos que até então não eram muito próximos de minha formação e que de alguma forma ajudaram a explicar muitas das relações que ocorrem no ambiente escolar.

A chance de ter sido aluna do professor Maurício Pietrocola foi algo muito bom, pois já o conhecia dos livros didáticos de Física e não imaginava que esse encontro seria relativamente fácil e tão rico em experiências, já que ele se mostrou sempre muito acessível e conduziu a disciplina muito bem. De fato superou minhas expectativas.

Durante o Mestrado, além das disciplinas e do desenvolvimento da minha pesquisa, tive a oportunidade de submeter parte do Estudo 1, em colaboração com um colega do grupo, à 8ª Conferência Internacional sobre Mapas Conceituais realizada em setembro de 2018, em Medellín (Colômbia). Exatamente um mês depois, fomos ministrar um curso de Mapas Conceituais no XVI Evento de Ensino de Química (EVEQ) na UNESP de Araraquara/SP. Esse evento é o mesmo que por várias vezes participei como aluna durante minha graduação.

Em 2019, fui convidada, por meio de um colega da época de graduação, para ministrar uma oficina na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia do Instituto Federal de Suzano, mais especificamente dentro da Semana da Química local.

Também tive a oportunidade, por dois anos, de ser avaliadora de trabalhos do Simpósio Internacional de Iniciação Científica e Tecnológica (SIICUSP) da EACH/USP.

Com a finalização desta pesquisa fica a motivação para seguir sempre próxima dela e de pessoas que possam contribuir com boas discussões em torno de assuntos ligados a Ciências e Educação.

Aqui finalizo indicando que hoje sou uma pessoa (aluna e professora) totalmente transformada e muito agradecida pelas pessoas que conviveram e ainda convivem comigo, me fazendo uma pessoa melhor.

Como professora sou muito grata porque consigo pensar melhor em minha própria prática de sala de aula de uma forma muito mais profunda e eficiente, aprendendo a lidar com situações que a Universidade nunca ensinou e não existe manual de instruções, simplesmente a gente aprende fazendo e, muitas vezes, errando também. A transformação foi tão intensa que, além de ter melhorado a prática pedagógica, a forma de avaliar o processo de ensino-aprendizagem também mudou.

Atualmente tenho adotado recursos novos em sala de aula tanto para instrução quanto para avaliação, inclusive o MC e o MCE tem sido uma novidade em minhas aulas e avaliações rotineiras. Já tive a oportunidade de obter resultados interessantes em relação ao uso do MCE como atividade avaliativa na modalidade do ensino técnico integrado, o que me fez reconduzir de uma forma diferente alguns conteúdos específicos de Química do Ensino Médio.

Ainda sou muito grata porque pude desenvolver um trabalho que tem um valor imensurável para a Educação em suas variadas vertentes e isso me deixa muito feliz. Com certeza esse período foi importante para me mostrar que o caminho foi muito bem escolhido. Sinto-me muito mais estimulada e desafiada a continuar aprendendo como crescer dentro da pesquisa e contribuir cada vez mais com a comunidade científica.

É fato que a partir de todas essas experiências vividas, fica a certeza e motivação para que sejam escritos novos capítulos de uma nova história dentro da pesquisa acadêmica, especialmente no Ensino de Ciências.

REFERÊNCIAS⁹

Aguiar, J. G., & Correia, P. R. M. (2013). Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências*, 13(2), 141-157.

Alves, J. F. (2013). *Avaliação educacional: da teoria à prática*. Rio de Janeiro: LTC.

Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 1.

Bayerl, G. D. S. (2014). O Ensino de Ciências nos anos iniciais do ensino fundamental: Uma reflexão histórica das políticas de educação do Brasil. IV simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia. Ponta Grossa-PR.

Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., Krathwohl, D. R., & Santana, F. M. (1972). *Taxonomia de objetivos educacionais*. (Sant'Anna, F. M., trad., 1972). Porto Alegre, RS: Globo. (Trabalho original publicado em 1956).

Carless, D. (2007). Learning-oriented assessment: Conceptual basis and practical implications. *Innovations in Education and Teaching International*, 44(1), 57-66.

Carvalho, I. C. L., & Kaniski, A. L. (2000). A sociedade do conhecimento e o acesso à informação: para que e para quem. *Ciência da informação*, 29(3), 33-39.

Correia, P. R., Aguiar, J. G., Viana, A. D., & Cabral, G. C. (2016). Por que vale a pena usar mapas conceituais no ensino superior?. *Revista de Graduação USP*, 1(1), 41-51.

Correia, P. R. M., Cabral, G. C. P., Aguiar, J. (2016). Cmaps with errors: why not? Comparing two Cmap-based assessment tasks to evaluate conceptual understanding. *Seventh International Conference on Concept Mapping*.

Correia, P. R., & Ferreira, M. M. (2007). Reconhecimento de padrões por métodos não supervisionados: explorando procedimentos quimiométricos para tratamento de dados analíticos. *Química Nova*, 30(2), 481.

Correia, P. R. M., Infante-Malachias, M. E., & Godoy, C. E. C. (2008). From theory to practice: the foundations for training students to make collaborative conceptions maps. In A. J. Cañas, P. R. Reiska, M. Ahlberg & J. D. Novak (Eds.), *Proceedings of the third International Conference on Concept Mapping* (pp. 146– 154). Polissama: OU Vali Press.

⁹ De acordo com o estilo APA (*American Psychological Association*)

Correia, P. R. M., SILVA, A. C. D., & Junior, J. G. R. (2010). Mapas conceituais como ferramenta de avaliação na sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32(4), 4402.

Coutinho, C. P., & Lisbôa, E. S. (2011). Sociedade da informação, do conhecimento e da aprendizagem: desafios para educação no século XXI. *Revista de Educação*, 18(1), 5-22.

Covic, T., & Jones, M. K. (2008). Is the essay resubmission option a formative or a summative assessment and does it matter as long as the grades improve?. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 33(1), 75-85.

Crawford, S. (1983). The origin and development of a concept: the information society. *Bulletin of the Medical Library Association*, 71(4), 380.

Depresbiteris, L. (1989). O desafio da avaliação da aprendizagem: dos fundamentos a uma proposta inovadora. São Paulo: EPU.

Francek, M. (2013). A compilation and review of over 500 geoscience misconceptions. *International Journal of Science Education*, 35(1), 31-64.

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of educational research*, 77(1), 81-112.

Hawkins, D. B. (2014). *A Student's Guide Biological Statistics*.

Kepler, J. (2019). Diferença entre informação e conhecimento. Recuperado em <https://startupi.com.br/2019/01/diferenca-entre-informacao-e-conhecimento/> [dez. 2019].

Krasilchik, M. (2000). Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. São Paulo em perspectiva, 14(1), 85-93.

Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212-218.

Kinchin, I. M. (2016). Visualising powerful knowledge to develop the expert student: A knowledge structures perspective on teaching and learning at university. Springer.

Kinchin, I. M., Hay, D. B., & Adams, A. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational research*, 42(1), 43-57.

Kinchin, I. M., Lygo-Baker, S. e Hay, D. B. (2008). Universities as centers of non-learning. *Studies in Higher Education* 33, no 1: 89–103.

Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. (1996, 23 de dezembro). Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. *Diário Oficial da União*

Luckesi, C. C. (2003). Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições. 15 ed. São Paulo: Cortez.

Luckesi, C. C. (2011). Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições. 22 ed. São Paulo: Cortez.

McClure, J. R., Sonak, B., Suen, H., K. (1999). Concept map assessment of classroom learning: reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), 475-492.

Mendes, F. R. (2007). Tecnologia e a construção do conhecimento na sociedade da informação. Londrina, Dissertação de Mestrado.

Moran, J. M. (2000). Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias. *Informática na educação: teoria & prática*, 3(1).

Moreira, M. A. (1999). Teorias de aprendizagem. São Paulo: EPU.

Murga-Menoyo, M. Á., Bautista-Cerro, M. J., & Novo, M. (2011). Mapas conceptuales con cmap tools en la enseñanza universitaria de la educación ambiental: estudio de caso en la UNED. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 29(1), 47-59.

Nardi, R. (2015). A pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática no Brasil. *Ciência & Educação (Bauru)*, 21(2), I-V.

Nascimento, F., Fernandes, H. L., & de Mendonça, V. M. (2010). O Ensino de Ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. *Revista histedbr on-line*, 10(39), 225-249.

Novak, J.D. (2010). Learning, creating and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations. 2. Ed. New York: Routledge.

Novak, J. D. (2011). A theory of education: Meaningful learning underlies the constructive integration of thinking, feeling, and acting leading to empowerment for commitment and responsibility. *Meaningful Learning Review*, 1(2), 1-14.

Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2010). A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*, 5(1), 9-29.

Perrenoud, P. (1999). Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens-entre duas lógicas. In *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens-entre duas lógicas*.

Price M., Handley, K., & Millar, J. (2011). Feedback: Focusing attention on engagement. *Studies in Higher Education*, 36(8), 879-896

Ruiz-Primo, M. A., & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching: The*

Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 33(6), 569-600.

Silva, J. L. P., & de Moradillo, E. F. (2002). Avaliação, ensino e aprendizagem de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 4(1), 1-12.

Trigwell, K., & Shale, S. (2004). Student learning and the scholarship of university teaching. *Studies in higher education*, 29(4), 523-536.

Tsaparlis, G., & Zoller, U. (2003). Evaluation of higher vs. lower-order cognitive skills-type examinations in chemistry: implications for university in-class assessment and examinations. *University Chemistry Education*, 7(2), 50-57.

Unesco. (2005). *Unesco world report: Towards knowledge societies*. Paris: UNESCO Publishing.

Visser, J. & Visser-Valfrey, M. (2008). *Learners in a changing learning landscape: reflections from a dialogue on new roles and expectations*. Dordrecht: Springer.

Waldhelm, M. C. V. (2007). *Como aprendeu ciências na educação básica quem hoje produz ciência*. Rio de Janeiro, PUC/RJ.(Tese Dout.). *Geologia no Ensino Secundário português: contributos da Associação Portuguesa de Geólogos*. Lisboa: *Revista Geonovas*, 21, 75-86.

Werthein, J. (2000). A sociedade da informação e seus desafios. *Ciência da informação*, Brasília, 29(2), 71-77.

Yilmaz, O. (2017). Learner Centered Classroom in Science Instruction: Providing Feedback with Technology Integration. *International Journal of Research in Education and Science*, 3(2), 604-613.

Zher, N. H., Hussein, R. M. R., & Saat, R. M. (2016). Enhancing Feedback via Peer Learning in Large Classrooms. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 4(1), 1-16.

APÊNDICE A: TME 1

1. Considere as seguintes afirmações:

- I. Cidades americanas assumiram o compromisso de reduzir suas emissões de gases do efeito estufa, como se elas participassem do Protocolo de Kyoto.
- II. A poluição da água é um problema ambiental que pode ser resolvido localmente.
- III. Aquecimento global é sinônimo de efeito estufa.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

2. Considere as seguintes afirmações:

- I. O IPCC é formado por políticos.
- II. A queima de combustíveis fósseis é apontada como a principal causa das mudanças climáticas.
- III. O efeito estufa deve-se à radiação ultravioleta que é proveniente do Sol.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

3. Considere as seguintes afirmações:

- I. O Brasil explora a energia solar mais intensamente do que a Alemanha.
- II. As mudanças climáticas tem relação com o aumento da incidência de tsunamis.
- III. A COP15 contou com uma ampla cobertura da mídia.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

4. Considere as seguintes afirmações:

- I. A COP15 apresentou avanços relevantes na negociação sobre as mudanças climáticas.
- II. Os mecanismos de desenvolvimento limpo foram propostos no Protocolo de Kyoto.
- III. O racismo ambiental é consequência de decisões da sociedade que impactam de forma desigual seus indivíduos.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

5. Considere as seguintes afirmações:

- I. O Proálcool é um exemplo de projeto que reduz as emissões de carbono.
- II. A adoção de modelos de negócios mais sustentáveis é um requisito para que as empresas se vinculem às causas ambientais.
- III. A emissão de poluentes atmosféricos afeta somente o país poluidor.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

6. Considere as seguintes afirmações:

- I. O protocolo de Kyoto é um compromisso internacional para reduzir a emissão de gases que degradam a camada de ozônio.
- II. Os oceanos são importantes para a regulação do clima na Terra.
- III. A ciência e a tecnologia são importantes para buscar soluções que reduzam as emissões de gás carbônico.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

7. Considere as seguintes afirmações:

- I. Todos os cientistas concordam que a ação antrópica é a principal causa das mudanças climáticas.
- II. Segundo o Protocolo de Kyoto, os países em desenvolvimento não tem que reduzir suas emissões de carbono.
- III. As consequências das mudanças climáticas afetam igualmente a todos os habitantes do planeta.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

8. Considere as seguintes afirmações:

- I. O plano ABC representa uma forma de utilizar a agricultura para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.
- II. A busca de uma solução para as mudanças climáticas por meios políticos é coerente com os conhecimentos científicos atuais sobre o clima.
- III. Os relatórios do IPCC são questionados por apresentarem somente dados científicos.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

9. Considere as seguintes afirmações:

- I. O desenvolvimento da região amazônica depende do desmatamento de parte da floresta.
- II. A coleta seletiva de lixo é um problema ambiental que pode ser resolvido localmente.
- III. O aumento de gás carbônico na atmosfera foi uma consequência do avanço científico-tecnológico verificado após a Revolução Industrial.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

10. Considere as seguintes afirmações:

- I. O acordo de Copenhague frustrou as expectativas que existiam em torno da COP15.
- II. As mudanças climáticas tem relação com o aumento da incidência de furacões.
- III. As mudanças climáticas são um problema ambiental que pode ser resolvido localmente.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

11. Considere as seguintes afirmações:

- I. Um carro movido a etanol não emite gás carbônico.
- II. O efeito estufa é importante para a manutenção da vida na Terra.
- III. Ninguém questiona os relatórios do IPCC porque eles apresentam a visão científica das mudanças climáticas.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

12. Considere as seguintes afirmações:

- I. A COP15 contou com uma ampla participação da sociedade civil.
- II. Há uma cobrança para que os países em desenvolvimento, como o Brasil, assumam compromissos significativos de redução das suas emissões de gases do efeito estufa.
- III. O Brasil utiliza os recursos obtidos com a exploração de petróleo da mesma forma que a Noruega.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

APÊNDICE B: TME 2

1. Considere as seguintes afirmações:

- I. O Brasil explora a energia solar mais intensamente do que a Alemanha.
- II. Cidades americanas assumiram o compromisso de reduzir suas emissões de gases do efeito estufa, como se elas participassem do Protocolo de Kyoto.
- III. O aumento de gás carbônico na atmosfera foi uma consequência do avanço científico-tecnológico verificado após a Revolução Industrial.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

2. Considere as seguintes afirmações:

- I. A COP15 contou com uma ampla participação da sociedade civil.
- II. Segundo o Protocolo de Kyoto, os países em desenvolvimento não tem que reduzir suas emissões de carbono.
- III. Aquecimento global é sinônimo de efeito estufa.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

3. Considere as seguintes afirmações:

- I. A queima de combustíveis fósseis é apontada como a principal causa das mudanças climáticas.
- II. Um carro movido a etanol não emite gás carbônico.
- III. O IPCC é formado por políticos.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

4. Considere as seguintes afirmações:

- I. As mudanças climáticas são um problema ambiental que pode ser resolvido localmente.
- II. Os mecanismos de desenvolvimento limpo foram propostos no Protocolo de Kyoto.
- III. O desenvolvimento da região amazônica depende do desmatamento de parte da floresta.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

5. Considere as seguintes afirmações:

- I. A emissão de poluentes atmosféricos afeta somente o país poluidor.
- II. O Brasil utiliza os recursos obtidos com a exploração de petróleo da mesma forma que a Noruega.
- III. O plano ABC representa uma forma de utilizar a agricultura para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

6. Considere as seguintes afirmações:

- I. O protocolo de Kyoto é um compromisso internacional para reduzir a emissão de gases que degradam a camada de ozônio.
- II. A poluição da água é um problema ambiental que pode ser resolvido localmente.
- III. As mudanças climáticas tem relação com o aumento da incidência de tsunamis.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

7. Considere as seguintes afirmações:

- I. O racismo ambiental é consequência de decisões da sociedade que impactam de forma desigual seus indivíduos.
- II. Todos os cientistas concordam que a ação antrópica é a principal causa das mudanças climáticas.
- III. Os relatórios do IPCC são questionados por apresentarem somente dados científicos.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

8. Considere as seguintes afirmações:

- I. Ninguém questiona os relatórios do IPCC porque eles apresentam a visão científica das mudanças climáticas.
- II. Os oceanos são importantes para a regulação do clima na Terra.
- III. O acordo de Copenhague frustrou as expectativas que existiam em torno da COP15.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

9. Considere as seguintes afirmações:

- I. A ciência e a tecnologia são importantes para buscar soluções que reduzam as emissões de gás carbônico.
- II. O efeito estufa é importante para a manutenção da vida na Terra.
- III. A busca de uma solução para as mudanças climáticas por meios políticos é coerente com os conhecimentos científicos atuais sobre o clima.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

10. Considere as seguintes afirmações:

- I. O efeito estufa deve-se à radiação ultravioleta que é proveniente do Sol.
- II. As consequências das mudanças climáticas afetam igualmente a todos os habitantes do planeta.
- III. A COP15 contou com uma ampla cobertura da mídia.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

11. Considere as seguintes afirmações:

- I. Há uma cobrança para que os países em desenvolvimento, como o Brasil, assumam compromissos significativos de redução das suas emissões de gases do efeito estufa.
- II. As mudanças climáticas tem relação com o aumento da incidência de furacões.
- III. A COP15 apresentou avanços relevantes na negociação sobre as mudanças climáticas.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

12. Considere as seguintes afirmações:

- I. A adoção de modelos de negócios mais sustentáveis é um requisito para que as empresas se vinculem às causas ambientais.
- II. A coleta seletiva de lixo é um problema ambiental que pode ser resolvido localmente.
- III. O Proálcool é um exemplo de projeto que reduz as emissões de carbono.

É correto o que se afirma apenas em:

Escolha uma:

- ☐ I.
- ☐ II.
- ☐ III.
- ☐ I e II.
- ☐ II e III.
- ☐ Prefiro não responder.

APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DOS ALUNOS QUANTO AO USO DAS DEVOLUTIVAS NO REESTUDO DIRIGIDO

1. Os comentários que eu recebi foram úteis para rever partes específicas da matéria.

Indique sua resposta usando a escala numérica entre 1-9.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

2. Eu achei os comentários genéricos "Essa proposição está errada" úteis para melhorar meu entendimento sobre o tema em estudo.

Indique sua resposta usando a escala numérica entre 1-9.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

3. Eu achei os comentários com conteúdos adicionais (textos, vídeos, áudios, etc.) úteis para melhorar meu entendimento sobre o tema em estudo.

Indique sua resposta usando a escala numérica entre 1-9.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

4. Os comentários genéricos "Essa proposição está errada" foram mais úteis do que os comentários com conteúdo (textos, vídeos, áudios, etc.).

Indique sua resposta usando a escala numérica entre 1-9.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

5. Eu gostaria de receber comentários sempre que fizer uma atividade usando Mapa Conceitual Com Erros.

Indique sua resposta usando a escala numérica entre 1-9.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

6. Eu gostaria de receber comentários sempre que fizer testes de múltipla escolha.

Indique sua resposta usando a escala numérica entre 1-9.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

7. Eu gostaria de receber comentários sempre que fizer questões dissertativas.

Indique sua resposta usando a escala numérica entre 1-9.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

8. Os comentários dos professores NÃO ajudam os alunos a estudarem a partir dos seus próprios erros.

Indique sua resposta usando a escala numérica entre 1-9.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

9. Os comentários com conteúdos adicionais (textos, vídeos, áudios, etc.) ajudam os alunos a estudarem a partir dos seus próprios erros.

Indique sua resposta usando a escala numérica entre 1-9.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

10. Os comentários genéricos "Essa proposição está errada" ajudam os alunos a estudarem a partir dos seus próprios erros.

Indique sua resposta usando a escala numérica entre 1-9.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

11. Somente a nota na atividade é suficiente para ajudar os alunos a estudarem a partir dos seus próprios erros.

Indique sua resposta usando a escala numérica entre 1-9.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()