SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito: 19.11.1999

Assinatura: _____

Alexandre Della Nina

Uso da Abstração de Classificação na Modelagem de Aplicativos Suportados por Bases de Dados Relacionais - Um Estudo de Caso

Alexandre Della Nina

Orientador: Prof. Dr. Caetano Traina Junior

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências – Área: Ciências de Computação e Matemática Computacional.

São Carlos
Novembro/1999

"Equilíbrio edificante e paciência operosa. Frequentemente, aflição é nossa própria ansiedade, respeitável mas inútil, projetada no futuro, mentalizando ocorrências menos felizes que, em muitos casos, não se verificam como supomos e, por vezes, nem chegam a surgir."

**Emmanuel, psicografado por Chico Xavier
Trecho do Livro - Rumo Certo**

"...Assumamos, portanto, uma atitude de otimismo e de autoconfiança e marchemos, resolutos, para frente, sempre para frente, na convicção plena e inabalável de que a vida é bela, boa e venturosa, para todos aqueles que a saibam viver!"

**Rodolfo Calligaris
Trecho do Livro - As Leis Morais**

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Dr. Caetano Traina Júnior, pela confiança e pela competência demonstrada durante o trabalho. De imensa bondade e compreensão, consegue despertar o que há de melhor nas pessoas, ainda permitindo e incentivando a luta pelos ideais individuais. Acima de tudo um grande ser humano.

À Prof. Dra. Ágma J. Traina, à Prof. Dra. Maria Cristina Ferreira de Oliveira e à Prof. Dra. Rosely Sanches pelo apoio e amizade.

À FAPESP, à CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro.

À UNIMED por propiciar o desenvolvimento de um projeto, utilizado como estudo de caso.

Aos meus pais, ao meu irmão, à minha namorada Eva e aos meus amigos pela compreensão, principalmente em relação às muitas ausências motivadas pelo presente trabalho. Pelo apoio sempre obtido nas horas difíceis.

À todos os professores e funcionários do ICMC-USP, especialmente das Secretarias da Computação (Ângela) e da Pós Graduação (Laura e Marília).

Índice

Índice de Figuras	i
Índice de Tabelas	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Capítulo 1: Introdução	01
1.1. Caracterização do Problema.....	01
1.2. Motivação.....	03
1.3. Objetivos.....	04
1.4. Organização do Trabalho.....	04
Capítulo 2: Conceitos Envolvidos	06
2.1. Modelo de Dados.....	06
2.2. Modelagem de Dados.....	07
2.3. Esquema.....	07
2.4. Abstração.....	08
2.5. Mapeamentos de Modelos de Dados Semânticos para Modelos de Dados Lógicos....	09
Capítulo 3: Embasamento Teórico	11
3.1. Considerações Iniciais.....	11
3.2. O Modelo de Dados SIRIUS.....	12
3.2.1. Componentes do Modelo.....	12
3.2.2 Abstração de Agregação.....	16
3.2.3. Abstração de Composição.....	17
3.2.4. Abstração de Generalização.....	19
3.2.5. Abstração de Classificação.....	21
3.3. Modelo Entidade – Relacionamento Estendido (ME-RX).....	21
3.3.1. Conjunto de Entidades (CE).....	22
3.3.2. Conjunto de Relacionamentos (CR).....	22
3.3.3. Atributos.....	23

3.3.4. Conjunto de Entidades Fracas.....	24
3.3.5. Abstração de Generalização.....	24
3.3.6. Abstração de Agregação.....	26
3.4. Modelo Relacional (M-Rel).....	26
3.4.1. Construtores Semânticos.....	29
3.5. Mapeamento: Modelo Entidade – Relacionamento Estendido (ME-RX) para o Modelo Relacional (M-Rel).....	29
3.6. Considerações Finais.....	37

Capítulo 4: A Abstração de Classificação..... 39

4.1. Considerações Iniciais.....	39
4.2. Caracterização da Abstração de Classificação.....	39
4.3. Abstração de Classificação em SIRIUS.....	42
4.4. Estendendo o ME-RX para suportar a Abstração de Classificação.....	46
4.5. Mapeamento: Modelo Entidade – Relacionamento – Classificação (ME-R-C) para Modelo Relacional (M-Rel).....	49
4.5.1. Regras para o Mapeamento da Classificação de CE's.....	49
4.5.1.1. Solução Teórica.....	51
4.5.1.2. Solução Prática.....	52
4.5.2. Regras para o Mapeamento de CR Associados a CE Classificados.....	55
4.5.2.1. Solução Teórica.....	57
4.5.2.2. Solução Prática.....	57
4.5.3. Regras para o Mapeamento de Agregações.....	59
4.5.3.1. No mínimo um CE componente é classificável.....	60
4.5.3.1.1. Solução Teórica.....	60
4.5.3.1.2. Solução Prática.....	61
4.5.3.2. Um dos CE's componentes define uma estrutura de dados que atua como indexador do CE Agregação.....	62
4.6. Considerações Finais.....	64

Capítulo 5: Estudo de Caso..... 66

5.1 Considerações Iniciais.....	66
---------------------------------	----

5.2. Descrição do Estudo de Cooperativas Médicas.....	68
5.3.1. Inovação Tecnológica.....	70
5.4. Exemplos Práticos de Classificação.....	73
5.4.1. Classificação de CEs / CR Associados a CE Classificados.....	73
5.4.1.1 Mapeamento de CE's classificados.....	75
5.4.1.2. Mapeamento do CR de um CE com um CE Instância.....	77
5.4.2. Classificação de Agregação onde um dos CEs componentes atua como Índice.....	79
5.5. Considerações Finais.....	82
 Capítulo 6: Conclusão.....	 83
6.1. Contribuições deste Trabalho.....	83
6.2. Conclusões.....	84
6.3. Sugestões para Futuras Pesquisas.....	85
 Referências Bibliográficas	 88

Índice de Figuras

Capítulo 1

Figura 1.1 – Os Três Reinos da Informação.....	01
--	----

Capítulo 3

Figura 3.1 – Abstrações no Modelo de Dados SIRIUS.....	12
Figura 3.2 – Representação do Objeto no Modelo de Dados SIRIUS.....	13
Figura 3.3 – Tipos de Atributos em SIRIUS.....	14
Figura 3.4 – Relacionamento Binário entre Objetos.....	17
Figura 3.5 – Representação da Composição (Colônia de Objetos).....	18
Figura 3.6 – Representação da Notação da Abstração de Generalização.....	20
Figura 3.7 – Exemplo da Ocorrência da Abstração de Generalização.....	21
Figura 3.8 – Exemplo de Modelagem no ME-RX.....	22
Figura 3.9 – Modelagem com Representação de Atributos no ME-RX.....	23
Figura 3.10 – Exemplo de CE Fracas no ME-RX.....	24
Figura 3.11 – Exemplo de Especialização no ME-RX.....	25
Figura 3.12 – Exemplo de Agregação no ME-RX.....	26
Figura 3.13 – Exemplo de Esquema no Modelo Relacional	27
Figura 3.14 – Exemplo de CE Fracas no ME-RX.....	30
Figura 3.15 – Exemplo Genérico de Especialização em ME-RX.....	31
Figura 3.16 – Exemplo de Generalização em ME-RX.....	33

Capítulo 4

Figura 4.1 – Representação Gráfica de Objetos e de Tipos de Objetos.....	43
Figura 4.2 – Abstração de Classificação e seus Atributos de Classificação	45
Figura 4.3 – O Construtor de Classificação em ME-R-C.....	47
Figura 4.4 – Estrutura de Classificação de um CE em ME-R-C.....	50
Figura 4.5 – Exemplo de Classificação em ME-R-C.....	53
Figura 4.6 – Estrutura de Classificação Genérica de CR associado a CE instância em ME-R-C.....	56
Figura 4.7 – Esquema Genérico de Classificação de Agregação no ME-R-C.....	60

Figura 4.8 – Esquema Genérico de Classificação de Agregação com Índice em ME-R-C.....	62
--	----

Capítulo 5

Figura 5.1 – Sistema Master.....	69
Figura 5.2 – Exemplo de Ocorrência da Classificação no Estudo de Caso.....	74
Figura 5.3 – Exemplo de Ocorrência da Classificação de um Agregação com Índice.....	80

Índice de Tabelas

Capítulo 3

Tabela 3.1 – Características de Atributos em SIRIUS.....	15
Tabela 3.2 – Alternativas de Mapeamento para a Especialização.....	34
Tabela 3.3 – Abstrações Suportadas pelos Modelos de Dados.....	38

Capítulo 4

Tabela 4.1 – Casos da Abstração de Classificação e as Relações geradas no Mapeamento.....	65
--	----

Resumo

Devido à falta de meios para a representação da Abstração de Classificação, situações do mundo real onde ela ocorre a são representadas através de outros mecanismos ou mesmo desprezadas, induzindo falhas semânticas no projeto, dificilmente reparáveis em fases subsequentes. Tal fato é devido principalmente à pouca exploração e suporte dessa abstração. Por exemplo o Modelo Entidade – Relacionamento Estendido (ME-RX), o mais usado na prática profissional, não possui mecanismos para representá-la. Este trabalho caracteriza precisamente essa abstração, diferenciando-a de outras abstrações, principalmente a generalização, e fornecendo subsídios nos projetistas para a escolha e uso correto da mesma para representar as várias situações de um projeto. Para tal, utilizam-se as construções teóricas de modelos de dados conhecidos aliado ao conhecimento adquirido em um estudo de caso real – o desenvolvimento de um sistema de automação de autorizações para cooperativas médicas. É feita uma nova extensão ao ME-RX para introduzir um construtor semântico destinado à representação da classificação, sendo o novo modelo denominado Modelo Entidade – Relacionamento Classificação (ME-R-C). A partir desse novo modelo são analisadas as interações da classificação com os demais construtores existentes, e pela primeira vez na literatura da área são definidas as regras de mapeamento da classificação para o Modelo Relacional.

Abstract

Current data models and tools to aid in software development do not have ways to express occurrences of the Classification Abstraction. Situations in the real world where it occurs are represented through other mechanisms or even not represented at all, introducing semantic weaknesses in the design, hardly restored in subsequent phases. Such fact are due mainly to the little support of this abstraction. One symptom of this fact is that all widely accepted data modeling tool, like the Extended Entity_Relationship (EE-R) Model, does not have mechanisms to represents it. This work characterizes the classification abstraction and distinguishes it from the other, mainly from the generalization one. It also give to designers clues to correctly use classification in a project. The theoretical foundation of the classification and the knowledge acquired in of real case study - the development of a system for medical cooperatives automation were used to guide this work. We propose a new extension to the EE-R Model to include a semantic constructor supporting classification. We designate this new model the Classification Entity - Relationship model (CE-R Model). Using this new model, we analyze the interactions of classification with the other existing constructors, and define the rules to map classification constructs to the Relational Model. This is the first time in the literature of the area that this mapping is described.

Capítulo 1: Introdução

1.1. Caracterização do Problema

Em 1976, Chen [CHEN_76] propôs uma figura mental importante, muito utilizada para o desenvolvimento dos modelos semânticos da década de 80. Ela apresentou o conceito dos Três Reinos da Informação: o Reino Real (ou mundo real), o Reino da Imaginação e o Reino da Representação. As coisas do mundo real podem ser entendidas pelas pessoas, e pelos projetistas em particular, que criam uma imagem mental própria, que não está no Reino Real, mas no Reino da Imaginação. Nem todos os detalhes do mundo real são compreendidos na formação dessa imagem mental, que pode até nem corresponder, necessariamente, à exata realidade. Por outro lado, as imagens mentais do Reino da Imaginação podem ser usadas para criar representações utilizáveis na comunicação entre as pessoas. Tais representações integram o Reino da Representação. Finalmente, uma representação pode ser implementada, o que cria uma nova entidade – um sistema, ou outro engenho qualquer – do Reino Real. A Figura 1.1 ilustra esses conceitos.

Figura 1.1 – Os Três Reinos da Informação

É importante notar que essa figura mental localiza diversos pontos do processo de construção de um sistema onde podem ser introduzidas distorções: a imagem mental é criada a partir do que se entende do mundo real, sendo assim, necessário, que se entenda corretamente o que se pretende construir. A seguir deve-se representar adequadamente o que se entendeu: apenas e nem tudo o que se entendeu é representado. Finalmente faz-se a implementação sobre o que foi representado, embora nem sempre a implementação seja fiel à representação originalmente construída.

Um *modelo de dados* é uma das ferramentas conceituais que permitem a um projetista representar, em uma estrutura adequada, o significado das informações que ele entendeu de uma determinada situação do mundo real. Informação é uma entidade do Reino da Imaginação, ou seja, somente existe informação se houver interpretação, entendimento: semântica. Dados são entidades do Reino da Representação; são estruturas para a representação dos valores medidos no mundo real, amostrados em qualquer domínio (números, cadeias de caracteres, datas, imagens, etc.). Já no Reino Real estão as propriedades reais, que podem ser medidas para serem entendidas e representadas.

Parte-se do pressuposto que o projetista utiliza um modelo de dados para executar o processo de modelagem de um sistema, analisando a informação de que dispõe em vários níveis de detalhe. Para considerar mais ou menos detalhes, usa-se o recurso conceitual chamado *abstração*. Abstrair significa desconsiderar detalhes, para se ter uma visão mais ampla e geral do fato sob análise. Por outro lado, o processo inverso pode ser efetuado, detalhando determinado aspecto para se ter uma visão pormenorizada do fato em questão. O tipo de detalhe desprezado/considerado numa abstração e o processo utilizado para tal fim variam, resultando em diferentes abstrações e detalhamentos. Quando o mesmo tipo de detalhe é utilizado em uma abstração e em um detalhamento, têm-se uma abstração/detalhamento dual. Toda abstração tem seu detalhamento dual e vice-versa. Assim existem as abstrações/detalhamentos de generalização/especialização, agregação/separação, classificação/instanciação, etc. [TRAINA_98]. Neste trabalho, por simplicidade de escrita, usa-se o termo *abstração* para designar o tipo de detalhe e o processo de escolha da informação manipulada nos processos de abstração e detalhamento.

Sob esse ponto de vista, pode-se considerar que um modelo de dados é constituído de uma coleção de abstrações semanticamente integradas [BIAJIZ_96]. Cada modelo suporta a

representação de um conjunto de abstrações, e cada abstração pode ser utilizada de diferentes maneiras entre modelos distintos. Mais ainda, uma mesma abstração pode ser usada em mais de uma forma em um mesmo modelo de dados.

Os primeiros modelos de dados a receber ampla aceitação – Rede, Hierárquico, Relacional (M-Rel), e mesmo o Modelo Entidade – Relacionamento (ME-R) – suportam um conjunto reduzido de abstrações, o que dificulta o desenvolvimento de aplicações mais complexas. Já os modelos de dados orientados a objetos foram propostos para sanar essas dificuldades, comportando um número maior de abstrações em seus construtores semânticos.

Os melhores e mais utilizados gerenciadores comerciais disponíveis seguem o modelo de dados relacional, que apresenta uma capacidade de representação semântica bastante reduzida. Para contornar as restrições semânticas desse modelo de dados, representa-se o sistema complexo alvo segundo outro modelo (por exemplo o Modelo Entidade Relacionamento Estendido), e posteriormente, para utilizar os gerenciadores relacionais na implementação do sistema, efetua-se um mapeamento dessa representação o Modelo Relacional, utilizando-se para isso restrições que garantam o mínimo de perda semântica.

1.2. Motivação

Uma das abstrações existentes, a abstração de classificação, é fundamental para a conceituação de modelos de dados, mas muito pouco reconhecida como fazendo parte de um construtor semântico disponível no modelo para ser utilizado na representação dos sistemas alvo, sendo mais explorada em outras áreas de pesquisa, como Lógica e Inteligência Artificial [TAIVALSAARI_96]. Dado que a abstração de classificação existe de fato em diversas situações reais, que precisam ser modeladas, é comum a utilização das outras abstrações disponíveis para a representação dessas informações, originando-se sobrecargas semânticas, que são indesejáveis por corresponder a situações que não ficam adequadamente representadas. Isso conduz à existência de pontos obscuros na modelagem, que não são percebidos nas fases iniciais do projeto e que frequentemente levam a problemas de solução cara em fases mais avançadas.

Através do estudo de um conjunto de situações práticas representadas através da utilização do Modelo Entidade – Relacionamento Estendido (ME-RX), que suporta a abstração de generalização mas não a de classificação, constatou-se que é freqüente a representação de situações típicas de classificação através da generalização, justamente devido à falta de um mecanismo próprio para a representação da classificação. Essa situação não é conveniente, pois além de causar uma sobrecarga semântica no construtor de generalização, torna o mapeamento dessas situações potencialmente difícil e mais propenso a erros e à geração de inconsistências de atualização na base de dados resultante.

1.3. Objetivos

Neste trabalho pretende-se caracterizar precisamente a diferença existente entre as abstrações de generalização e de classificação, fornecendo subsídios ao projetista para que este possa decidir qual delas representa melhor cada situação do projeto. Para tal, utiliza-se o conteúdo teórico de modelos de dados conhecidos aliado ao conhecimento adquirido em um estudo de caso, para caracterizar a abstração de classificação em situações práticas. Também, analisam-se as ocorrências da abstração de classificação e as suas formas de interação com as demais abstrações do ME-RX, modelo de dados escolhido para o desenvolvimento do estudo de caso.

O principal resultado deste trabalho é a caracterização da classificação e a definição de suas formas de mapeamento para o modelo relacional. Esta é a primeira vez que esse mapeamento é descrito na literatura da área.

1.4. Organização do Trabalho

Preliminarmente, no capítulo 2, são abordados os conceitos mais importantes utilizados no trabalho, tais como modelos de dados e abstrações.

No capítulo 03 são apresentados os modelos de dados envolvidos: SIRIUS, ME-RX e M-Rel, enfocando-se, resumidamente, seus principais conceitos e as abstrações suportadas. Também são

explanadas as opções de mapeamento do ME-RX para o M-Rel encontradas na literatura. No final do capítulo faz-se a comparação entre as abstrações suportadas pelos modelos envolvidos e por outros modelos disponíveis.

O capítulo 4 caracteriza a abstração de classificação, diferenciando-a, principalmente, da abstração de generalização. A partir do conhecimento adquirido com a análise da representação da abstração de classificação em SIRIUS, o ME-RX é novamente estendido para suportar um construtor semântico que a represente, sendo então denominado de Modelo Entidade – Relacionamento – Classificação (ME-R-C). Também são descritas, segundo as formas teórica e prática, as regras de mapeamento desse novo construtor semântico para o M-Rel, para que o esquema inicialmente concebido possa ser implementado através da utilização de um gerenciador comercial disponível.

O ambiente do estudo de caso e as algumas ocorrências da abstração de classificação em partes da modelagem são explanados no capítulo 5. Finalmente, o capítulo 6 apresenta as conclusões e contribuições do trabalho, bem como sugestões para futuras pesquisas.

Capítulo 2: Conceitos Envolvidos

2.1. Modelo de Dados

Um modelo de dados é uma coleção de regras e conceitos utilizados para se descrever uma situação do mundo real através dos conjuntos de dados dos conjuntos de operações que os manipulam, e que sejam relevantes a um projeto ou outra atividade alvo que os envolvam [CERI_92]. Uma maneira alternativa de se descrever um modelo de dados é que trata-se de um conjunto de abstrações semanticamente integradas, voltadas à representação de informação [BIAJIZ_96].

Os modelos de dados classificam-se em:

- **Modelos de Dados Conceituais:** são ferramentas para a representação da realidade em um alto nível de abstração, de maneira que a descrição seja fácil de entender e interpretar [HULL87][CERI_92]. São conceituais, entre outros, os modelos Entidade Relacionamento e Entidade – Relacionamento Estendido;
- **Modelos de Dados Lógicos:** são modelos que suportam descrições dos dados que podem ser processadas pelo computador, sendo mapeados para a estrutura de um banco de dados de maneira relativamente direta [CERI_92]. Os modelos Rede, Hierárquico e Relacional são alguns dos exemplos de modelos de dados lógicos mais utilizados.
- **Modelos de Dados Orientados a Objetos:** são modelos que pretendem representar a realidade com um grau elevado de detalhe, mantendo, entretanto, formas de implementação imediata. Além dos recursos próprios dos modelos de dados lógicos, os modelos orientados a objetos possuem, basicamente, a capacidade de representação da abstração de generalização e de representação das operações sobre os dados, fato este que vai além da mera representação das estruturas de dados, tal como é feito nos modelos lógicos.

Um modelo de dados oferece recursos para a representação da realidade segundo um conjunto de símbolos denominados construtores semânticos, os quais incluem diretrizes para sua representação e um conjunto de regras que simbolizam o significado das informações representadas. É importante notar que apesar do nome, os construtores “semânticos” são estruturas sintáticas, que apenas representam o significado entendido pelo projetista em uma estrutura.

2.2. Modelagem de Dados

Nome dado ao processo onde estruturam-se as informações de um sistema alvo segundo um modelo de dados, produzindo-se um esquema [TRAINA_92]. É importante destacar aqui a diferença entre *modelo* e *modelagem*. Um modelo é, basicamente, uma coleção de regras que guia a criação de uma modelagem, sendo independente de uma situação em particular, como por exemplo o Modelo Relacional e o Modelo Entidade – Relacionamento Estendido. Já uma modelagem é a aplicação de um modelo em uma situação em particular, como por exemplo a modelagem de um sistema de folha de pagamento utilizando-se o Modelo Relacional.

2.3. Esquema

Um esquema é a representação de uma porção específica da realidade, construída através da utilização de um modelo de dados em particular. Mais precisamente, um esquema é uma coleção estática de representações gráficas ou escritas que descrevem a estrutura dos dados de interesse [CERI_92], e nos casos de utilização de modelos de dados orientados a objetos, das operações sobre esses dados.

2.4. Abstração

Abstração é o nome dado ao processo mental usado para a seleção de algumas características e propriedades de um conjunto de objetos e exclusão de outras, que não são relevantes. O termo abstração é utilizado em duas situações: quando analisam-se mentalmente as informações sobre determinada realidade, para compreensão com um grau maior ou menor de detalhe, e quando representa-se a realidade entendida segundo um modelo de dados. Como resultado da primeira situação, os detalhes de um sistema são integrados segundo uma estrutura lógica que é representada no esquema. Já como resultado da segunda situação, a realidade entendida pelo projetista é representada através de uma modelagem segundo as regras de representação de um modelo de dados. Somados os processos, obtém-se como resultado que as abstrações utilizadas pelo projetista para entender uma situação da realidade são representadas na modelagem através dos construtores semânticos do modelo de dados.

Uma abstração é aplicada quando é importante tratarmos as propriedades de um conjunto de objetos julgadas essenciais, sendo as diferenças entre eles esquecida [CERI_92]. Por outro lado, o processo inverso pode ser efetuado, detalhando determinado aspecto para se ter uma visão pormenorizada do fato em questão. O tipo de detalhe desprezado/considerado numa abstração e o processo utilizado para tal fim variam, resultando em diferentes abstrações e detalhamentos. Quando o mesmo tipo de detalhe é utilizado em uma abstração e em um detalhamento, têm-se uma abstração/detalhamento dual. Toda abstração tem seu detalhamento dual e vice-versa. As abstrações/detalhamentos de generalização/especialização, agregação/separação e classificação/instanciação são as mais frequentemente utilizadas no projeto de banco de dados conceituais. Exemplos de outras abstrações/detalhamentos que ocorrem em modelos de dados são composição/separação, categorização/especialização de categoria, versão genérica/versionamento, etc. As abstrações/detalhamentos mais frequentes são descritas a seguir:

- **Abstração de Classificação / Instanciação** - o processo mental utilizado por essa abstração envolve a classificação de objetos similares do mundo real em classes de objetos. Os grupos de objetos compartilham os mesmos tipos de atributos e constantes, sendo a classificação útil para o processo de definição de suas propriedades comuns. Já o nome instanciação refere-se ao processo inverso (detalhamento), onde gera-se e examina-se especificamente cada objeto

distinto de uma classe [ELMASRI_94]. Um objeto que representa a classe é o objeto tipo, e cada um dos objetos construídos segundo esse tipo é um objeto instância. Na literatura, construtores semânticos que representam essa abstração são também chamados de materialização [PIROTTE_94] [PIROTTE_97] [DAHCHOUR_98].

- **Abstração de Generalização / Especialização** - a abstração de generalização, também chamada de síntese conceitual, consiste em se generalizar vários tipos de objetos (subtipos), formando uma classe de nível superior (mais abstrato) que inclui as características compartilhadas por todos os objetos, de qualquer de seus sub-tipos. Já especialização, também chamada de refinamento conceitual, corresponde ao processo inverso, onde um tipo de objetos é dividido em subtipos mais especializados [ELMASRI_94].
- **Abstração de Agregação / Separação** - A agregação corresponde à idéia de que elementos já existentes concatenam-se para criar outros, com características próprias [TRAINA_92]. Já a separação é o processo inverso, onde separam-se objetos existentes em seus elementos componentes.

As três abstrações são independentes: nenhuma delas pode ser expressa em termos de outra. Cada uma fornece mecanismos diferentes para o processo de estruturação da informação [CERI_92]. No entanto, um construtor semântico pode incluir conceitos de mais de uma abstração.

2.5. Mapeamentos de Modelos de Dados Semânticos para Modelos de Dados Lógicos

O mapeamento é a transformação de um esquema concebido segundo um modelo, para outro esquema, segundo outro modelo, diferente do primeiro. É, portanto, simplificadaamente, um conjunto de regras que visam a maximização do grau de semelhança entre os esquemas, a fim de se evitarem perdas ou ganhos semânticos não pertinentes à representação inicialmente desejada.

Nesse trabalho, estuda-se o mapeamento de um modelo conceitual (entidade relacionamento estendido, novamente estendido para suportar um construtor semântico que permite representar a abstração de classificação) para um modelo lógico (relacional). Dessa forma pode-se aproveitar ao máximo o alto nível de abstração de um modelo conceitual, garantindo-se uma representação clara, de entendimento facilitado, durante as fases iniciais do projeto. Após a consolidação da representação, já nas etapas finais do projeto, faz-se o mapeamento para um modelo lógico, mais próximo da maneira suportada pelos computadores, tentando preservar-se ao máximo as propriedades do modelo entidade relacionamento, semanticamente mais rico. Esse mapeamento também é estimulado pelo fato de muitos gerenciadores comerciais seguirem o modelo relacional.

Capítulo 3: Embasamento Teórico

3.1. Considerações Iniciais

Nesse capítulo faz-se uma breve descrição dos modelos de dados analisados no trabalho e utilizados no estudo de caso. Na seção 3.2 analisa-se o Modelo SIRIUS, desenvolvido pelo Grupo de Bases de Dados do ICMC – USP. Esse modelo de dados orientado a objetos foi criado para suprir as lacunas semânticas deixadas por outros modelos, sendo utilizado nesse trabalho para a caracterização da diferença conceitual existente entre as abstrações de generalização e classificação, pretendida pelo estudo de caso.

O segundo modelo, Entidade – Relacionamento Estendido, é descrito na seção 3.3, e corresponde ao modelo conceitual escolhido para o desenvolvimento do estudo de caso, por ser um modelo bastante difundido entre os profissionais da área, sendo considerado simples e de fácil utilização.

Já na seção 3.4, descreve-se o último modelo analisado – Modelo Relacional – utilizado no projeto como modelo alvo para o mapeamento do esquema previamente concebido no Modelo Entidade – Relacionamento Estendido. Isso foi realizado para a simplificação da implementação do esquema em um gerenciador de banco de dados disponível comercialmente. As regras usuais de mapeamento também foram descritas na seção 3.5.

Nesse capítulo procurou-se sempre descrever as abstrações suportadas por cada modelo, devido à relevância para o estudo de caso em questão. Deste modo, concluindo, na seção 3.6 realiza-se uma breve comparação semântica entre os modelos de dados, através da apresentação de um quadro resumo das abstrações suportadas e disponibilizadas através de construtores semânticos nos modelos de dados analisados e em outros encontrados na literatura.

3.2. O Modelo de Dados SIRIUS

O modelo de dados SIRIUS foi desenvolvido a partir de uma evolução de conceitos do Modelo de Representação de Objetos – MRO, para atender às necessidades de aplicações de banco de dados não convencionais, onde os dados não apresentam uma expressiva homogeneidade estrutural [TRAINA_88][TRAINA_91][TRAINA_94][BLAJIZ_92][BLAJIZ_96]. Nesse modelo, os conceitos de objetos, atributos, características de atributos, tipos de objetos e tipos de atributos constituem os seus elementos primários, sendo estruturados semântica e sintaticamente segundo as abstrações de classificação, associação e generalização; a abstração de associação têm sua ocorrência especializada em outras duas abstrações: composição e agregação, conforme representado na Figura 3.1:

Figura 3.1 – Abstrações no Modelo de Dados SIRIUS

3.2.1. Componentes do Modelo

Objetos

Em SIRIUS, objetos são as entidades do mundo real que podem ser identificadas univocamente pelo usuário. Nesse modelo de dados, o termo “objeto” é utilizado de acordo com cada uma das três situações:

- quando o usuário reconhece um elemento do mundo real, utiliza-se o termo “objeto definido pelo usuário”, ou simplesmente o termo “objeto” sem qualificador. Por exemplo, veículos ou pessoas são objetos definidos pelo usuário, ou simplesmente objetos;
- quando o sistema manipula os objetos visando sua conceituação algébrica, o termo utilizado é “objeto primário”. Os objetos primários não são transparentes ao usuário, mas podem ser identificados apenas através de abstrações com outros objetos. Por exemplo, um relacionamento é um objeto primário entre dois objetos definidos pelo usuário, mas pode ser identificado apenas através de referências aos objetos relacionados;
- o objeto que engloba os objetos primários e os objetos definidos pelo usuário é definido como “objeto conceito”.

Um objeto, que representa uma entidade do mundo real, é representado pelo seu nome, pelo nome do seu tipo e por atributos a ele associados. Um tipo é também um objeto, portanto existem objetos que são tipo e outros que não o são. É importante observar que todo objeto tem exatamente um tipo.

A representação genérica de um objeto é feita usando-se um retângulo dividido em duas partes: superior e inferior. A parte superior é também dividida em duas partes, direita e esquerda. Na parte esquerda coloca-se o nome do tipo objeto e na parte direita colocam-se os dados da abstração de composição (descrita a seguir). Na parte inferior coloca-se o nome do objeto. Um exemplo é dado na Figura 3.2.

Figura 3.2 – Representação do Objeto no Modelo de Dados SIRIUS

Tipos de Atributos

São objetos primários – dados do mundo real que estabelecem informações sobre os objetos definidos pelo usuário. Esses dados são modelados como valores de atributos associados a objetos, estabelecendo sua estrutura e “comportamento”, caracterizando sua sintaxe e sua semântica na modelagem. No modelo, os tipos de atributos desempenham o papel de caracterizar os tipos de objetos, podendo ser instanciados através de seus valores em atributos. Um exemplo da sua representação pode ser visto na Figura 3.3.

Os tipos de atributos são associados aos objetos através de uma ligação monovalorada ou multivalorada. Um tipo de atributo monovalorado é aquele que possui apenas um valor para cada atributo instanciado, sendo representado por uma seta simples. Já o tipo de atributo multivalorado possui mais de um valor para cada instância, podendo ser organizado segundo estruturas de dados, tais como vetores, conjuntos ou listas. É representado com uma seta dupla, indicando-se a estrutura utilizada: { } para conjunto, < > para lista e [] para vetor.

Figura 3.3 – Tipos de Atributos em SIRIUS

Todo objeto possui atributos com os valores que representam a instância correspondente a esse objeto. Esses atributos são chamados *atributos de instânciação*. Um objeto que é tipo possui ainda a definição dos atributos que deverão ser associados aos objetos instanciados a partir desse tipo. Esses atributos são chamados de *atributos de classificação*. Na parte superior da

representação de um objeto são colocados os tipos de atributos de classificação, enquanto que os atributos de instanciação são colocados na parte inferior do mesmo.

Na Figura 3.3a tem-se a representação de atributos de classificação, enquanto que na Figura 3.3b representam-se tipos de atributos instanciados. Na Figura 3.3c é apresentado um exemplo em que o objeto é do tipo “modelo de veículo”, e identificado como “Escort_GLX”, com tipos de atributos de classificação *cor* e *placa*, situados acima do objeto, caracterizando que instâncias desse modelo têm placa e cor individuais.

Na parte inferior do objeto tem-se os atributos de instanciação do tipo, que são: *marca* instanciado com o valor *ford*; *modelo* instanciado com o valor *Escort-GLX*; e o tipo de atributo multivalorado *acessórios* instanciado como vetor, que possui os valores *rádio*, *ar cond c vidro elétrico*.

Características de Atributos

No Modelo SIRIUS todo o atributo possui um tipo e um conjunto de valores não vazio. Todo tipo de atributo deve estar associado a uma característica de atributo. A característica de um atributo define o conjunto de operações que um gerenciador de dados pode efetuar sobre esse atributo, estabelecendo portanto o comportamento junto ao objeto ao qual o atributo está associado.

Tabela 3.1 – Características de Atributos em SIRIUS

Classe de Característica	Característica	Símbolo	Tipo de Dado
<i>Estática</i>	Texto	Tx	String, ASCII, RTF
	Número	Nu	Inteiro, real
	Booleano	Bo	Booleano
<i>Dinâmica</i>	Regra	Rg	Trigger
	Procedimento	Pc	Stored Procedure, Método
<i>Interface</i>	Visualização	Vs	DFM
	Som	So	WAV, VOC, AIFF
	Partitura	Pa	MIDI, MOD, SNG
	Imagem	Im	BMP, TIFF, J-PEG
	Gráfico	Gr	WPG, CDR, WindowsMetaFile
<i>Estruturais</i>	Estrutura de Dado	Ed	Vetor, lista, conjunto, dependência funcional
	Tempo	Tm	Absoluto, relativo
	Tupla	Tp	
	Atributo de Atributo	Aa	
	Relacionamento	Re	

Em SIRIUS as características dos atributos são divididas em 04 classes: estática, dinâmica, interface e estrutural. A Tabela 3.1 define a lista das características de atributos suportados, juntamente com os possíveis tipos de dados correspondentes.

3.2.2 Abstração de Agregação

A agregação entre os atributos acontece para constituir um conjunto de dados, a fim de representar as informações do objeto do mundo real na modelagem ou para constituir outros atributos. Atributos estabelecem também relacionamentos entre os objetos, ou seja, dois ou mais objetos são agregados através de um objeto conceito. Deste modo, a abstração de agregação caracteriza-se, no Modelo SIRIUS, através da agregação de atributos e da agregação de objetos entre si, formando relacionamentos.

Verifica-se que a agregação de atributos pode ocorrer de várias maneiras, através da associação de atributos simples em tuplas, vetores, listas ou conjuntos sem repetição. Pode-se dizer então, que tuplas, vetores, listas e conjuntos são estruturas de dados organizadas a partir da agregação de atributos.

Um atributo também pode ser associado a um outro atributo, o qual denomina-se atributo de atributo. Utiliza-se essa agregação quando um determinado atributo possui características próprias (outros atributos) diferentes para cada valor que lhe é atribuído, não havendo interesse, porém, para o projeto ao qual ele se insere, em modelá-lo como um objeto à parte. Note-se que um atributo de atributo pode ser visto como uma tupla, porém um dos atributos dessa tupla é o identificador da mesma.

Já a agregação entre objetos pode acontecer de duas maneiras. A primeira, mais imediata, consiste em referenciar-se, a partir de um dos objetos envolvidos, os demais objetos. Essa maneira de indicar a agregação entre objetos não acrescenta nenhum conceito novo ao modelo, correspondendo apenas ao fato de que o *valor* de um atributo pode ser um objeto.

A segunda maneira, que institui o conceito de relacionamento, considera a associação entre objetos como um objeto primário. Nesse caso, os objetos envolvidos têm como atributo uma referência para o "*objeto relacionamento*". O tipo do relacionamento é caracterizado pelo tipo

de atributo e a característica desse tipo de atributo é “*relacionamento*”. O relacionamento pode, também, ter atributos associados, denominados atributos de relacionamento.

Na Figura 3.4 representa-se um relacionamento binário entre os objetos *posto* e *veículo*. A notação representa um “arco” com a ligação dos atributos *faz troca de óleo* e *recebe troca de óleo*, onde cada arco parte de um objeto, caracterizando uma agregação entre eles. O círculo no centro representa o objeto relacionamento (objeto primário) e a chave que o envolve representa a existência de um conjunto de instâncias do atributo do conjunto de relacionamentos. Um exemplo de instância do relacionamento é o atributo *data* com valor 23/06/98.

Também são representados relacionamentos ternários, quaternários, etc. Nesse caso, em mais de dois objetos existem atributos com características de relacionamento, associando-se através do objeto primário representado pelo círculo central.

Figura 3.4 – Relacionamento Binário entre Objetos

3.2.3. Abstração de Composição

Utiliza-se o termo composição para se caracterizar situações onde os objetos são realmente “compostos por” outros. Mais que a agregação de valores representada pela agregação, a composição compõe partes, que são objetos autônomos, em outros objetos também autônomos, independentes da existência de suas partes elementares. A composição pode definir também papéis específicos a serem assumidos por cada uma de suas partes. Um carro, por exemplo, é composto por rodas, motor, suspensão, etc. e precisa de objetos específicos que assumam os papéis de motor, suspensão, etc.

A abstração de composição, tal como a abstração de agregação, é uma especialização da abstração de associação. Porém, representa um significado diferente, pois cada instância da abstração de composição determina a existência de um objeto composto – *objeto abstrato* – e de um conjunto de objetos que são “parte” desse objeto – *objetos detalhe*. Os objetos detalhe são objetos de fato, definidos e reconhecidos pelo usuário.

Os objetos compostos e suas partes formam um conjunto com propriedades distintas. O modelo de dados SIRIUS aproveitou essa idéia e definiu o conceito de *colônia de objetos*. Uma colônia de objetos pode ser definida como um conjunto de objetos que compõe um objeto composto segundo um determinado aspecto. A idéia de aspecto representa o fato de um objeto poder ser visto como composto de diferentes maneiras, disjuntas entre si.

A Figura 3.5a mostra os relacionamentos implícitos que ocorrem entre os objetos envolvidos na ocorrência de uma abstração de composição: um *objeto composto* *constrange** uma colônia, na qual habitam *objetos* que são parte daquele objeto composto. As colônias determinam objetos primários, que como quaisquer outros, possuem um tipo. Logo, toda colônia tem um tipo.

Figura 3.5 – Representação da Composição (Colônia de Objetos)

Uma colônia pode representar composição lógica ou física de objetos. Impõe-se a restrição de que todo objeto deve habitar fisicamente uma colônia, e esse vínculo estabelece uma relação de dependência existencial entre o objeto e a colônia: se a colônia deixar de existir, todos os objetos que a habitam deixam de existir também. Por outro lado, um objeto pode habitar logicamente qualquer quantidade de colônias, sem causar nenhum tipo de dependência existencial.

* A palavra *constrange* é usada no sentido de envolver, delimitar um conjunto de elementos vistos sob um determinado aspecto

A indicação do tipo da colônia que um objeto habita, é efetuada no diagrama através da colocação do nome da colônia na parte direita da linha do retângulo que representa o tipo de objeto, seguida das letras *F* ou *L* para indicar habitação física ou lógica. Para todo tipo é obrigatória a indicação de exatamente uma colônia onde o objeto habita fisicamente.

Existe uma colônia denominada “global”, da qual pode haver apenas uma instância. A partir dela define-se a hierarquia de composição, que estabelece o contexto em que os objetos estão sendo compostos.

A Figura 3.5b representa o fato de que o objeto *veículo* constringe a colônia *mecânica*.

3.2.4. Abstração de Generalização

Caracteriza-se pelo fato de um tipo de objeto abstrair o comportamento e o significado de tipos de objetos mais específicos. Por outro lado, um tipo de objeto pode acrescentar mais detalhes a um outro tipo já existente, ou seja, especializá-lo.

Conceitualmente, não há restrições para que quaisquer objetos possam ser especializados ou generalizados. Porém, quando o objeto não é um tipo, não há justificativa para sua especialização ou generalização, uma vez que recai-se na situação trivial de inserção ou eliminação de atributos no objeto. Conclui-se que a abstração de generalização é significativa quando aplicada sobre objetos que são tipo.

Para uma generalização, o modelo impõe a definição de: um tipo a ser especializado (supertipo); um conjunto de tipos especializados (subtipos); um critério de especialização/generalização; restrições para a especialização/generalização; e um conjunto de regras de inicialização para instanciar cada tipo especializado/generalizado.

O critério de especialização/generalização dá-se pela avaliação de um predicado sobre os valores de um ou mais atributos. As restrições associadas a esta abstração são:

- **Sobreposição:** indica se um objeto do tipo genérico pode ser apenas um (disjunção) ou mais de um tipo específico (sobreposição);

- **Participação:** indica se todo objeto do tipo genérico deve necessariamente ser também de um tipo específico (participação total) ou não (participação parcial);
- **Categorização:** indica se todo objeto de um tipo específico deve necessariamente ser também do tipo genérico (categoria total ou subtipo) ou não (categoria parcial).

Na literatura apresenta-se a última restrição como uma outra abstração, normalmente denominada *abstração de categorização*. No modelo de dados SIRIUS, a abstração de categorização é considerada uma especialização da abstração de generalização, não sendo detalhada neste trabalho.

A notação utilizada para esta abstração pode ser vista na Figura 3.6. Constitui-se de uma rede acíclica, onde cada nó é um tipo de objeto. O supertipo é representado por um retângulo no topo da figura, sendo ligado aos subtipos por um trapézio, no qual representa-se o atributo critério, que define a especialização, e as restrições de disjunção ou sobreposição, e participação total ou parcial.

Figura 3.6 – Representação da Notação da Abstração de Generalização

O predicado e os valores de inicialização *inic* são representados no retângulo, juntamente com os subtipos. Quando o critério de especialização/generalização depende do valor de um atributo cujo domínio é discreto e finito, o predicado é representado pelo valor do atributo critério; caso contrário, o predicado é representado por uma expressão ou um conjunto de valores.

Ilustra-se um dos critérios na Figura 3.7, onde a especialização depende do resultado da avaliação do predicado *Pot.*, que significa a potência do veículo. A partir desse número, os carros são divididos em *populares*, *comuns* e *esportivos*.

Figura 3.7 – Exemplo da Ocorrência da Abstração de Generalização

3.2.5. Abstração de Classificação

Por tratar-se da abstração que norteia o presente trabalho, essa abstração e sua representação em SIRIUS serão explanadas no próximo capítulo.

3.3. Modelo Entidade – Relacionamento Estendido (ME-RX)

O Modelo Entidade – Relacionamento [CHEN_76] é, seguramente, o modelo conceitual mais aceito e utilizado para projetos de bancos de dados no meio profissional. Mediante sua grande utilização, logo apareceram deficiências de seu emprego em casos reais. Assim, o modelo foi estendido [ELMASRI_94] para oferecer um conjunto maior de construtores semânticos. Em particular, adicionaram-se as abstrações de generalização e uma nova representação para a abstração de agregação, cujo construtor semântico foi explicitamente chamado de *agregação* (note-se que o ME-R original já suportava a abstração de agregação através da agregação de atributos criando entidades, e da agregação de entidades criando relacionamentos).

A seguir faz-se um resumo dos principais construtores semânticos do Modelo Entidade – Relacionamento Estendido (ME-RX) [LOUCOPOULOS_94].

3.3.1. Conjunto de Entidades (CE)

É uma classe de objetos do mundo real que compartilham os mesmos atributos. Esses objetos podem existir fisicamente (carro, motor, etc.) ou podem existir somente conceitualmente (emprego, curso, etc.). Representa-se um CE de acordo com a Figura 3.8, ou seja, um retângulo.

Figura 3.8 – Exemplo de Modelagem no ME-RX

3.3.2. Conjunto de Relacionamentos (CR)

É representado através de um losango, ligando os CE's associados. Um CR pode associar um conjunto de entidades a ele mesmo [CERI_92]. Nesse caso o CR é chamado de *auto-relacionamento*. Diz-se que um relacionamento é *total* quando todas as entidades de ao menos um dos conjuntos de entidades associados participam de, ao menos, um relacionamento desse conjunto [TRAINA_92]. Cada CE associado por um CR assume um *papel* no CR.

Um relacionamento entre dois conjuntos de entidades pode gerar três tipos de associação entre eles, de acordo com a sua *cardinalidade*:

- 1:1 (um para um) - o relacionamento liga uma entidade de um dos papéis a uma entidade do outro papel;
- 1:N (um para muitos) - o relacionamento liga uma entidade de um papel a várias entidades do outro papel;

- N:M (muitos para muitos) - o relacionamento liga várias entidades a várias entidades.

Um conjunto de relacionamentos pode envolver dois ou mais conjuntos de entidades. O *grau* do CR é o número de conjuntos de entidades envolvidos em cada relacionamento. Um exemplo de conjunto de relacionamentos de grau binário pode ser visto na Figura 3.8.

3.3.3. Atributos

Os atributos são, basicamente, propriedades particulares que descrevem as entidades e os relacionamentos. Utilizando-se a notação proposta por Ceri [CERI_92], os atributos são representados através de linhas com circunferências na extremidade, ligadas ao respectivo CE ou CR. Existem conjuntos de relacionamentos sem atributos. Entretanto, tal fato não ocorre com os conjuntos de entidades, pois os mesmos perderiam o significado na modelagem.

Os conjuntos de entidades também devem possuir pelo menos um *atributo chave*, ou seja, um atributo que identifique univocamente cada entidade do conjunto. A representação desse atributo é feita através da utilização de uma linha com um círculo na ponta, conforme pode ser observado na Figura 3.9.

Figura 3.9 – Modelagem com Representação de Atributos no ME-RX

Um atributo pode assumir mais de um valor para uma única ocorrência do CE ou CR, sendo chamado, então, de atributo *multivalorado*. Não há uma simbologia universal para se indicar esse atributo. Neste trabalho, adota-se a colocação de uma “ / ” após o nome do atributo, conforme pode-se observar na Figura 3.9, atributo do CE Disciplina chamado *assuntos*.

3.3.4. Conjunto de Entidades Fracas

Representado por um retângulo de linhas duplas [CERI_92], um conjunto de entidades fracas é aquele que não possui atributo chave próprio. A identificação das entidades desse conjunto é feita através do atributo chave de outra entidade (associada através de um relacionamento) combinado com um ou mais atributos próprios. Dizer que um CE é fraco para um relacionamento, significa dizer que não interessa manter na base os dados relativos à entidade fraca se o relacionamento (total) com o qual ela se relaciona for eliminado. Um CE fracas pode participar de mais de um CR, podendo não ser fraco para todos eles [TRAINA_92]. O(s) CR(s) que torna fraco o CE é denominado CR *total*. Um exemplo dessa situação é dado na figura 3.10.

Figura 3.10 – Exemplo de CE Fracas no ME-RX

Nesse caso, o CE Ementa é fraco pelo CR Possui (relacionamento total, representado por uma seta), não sendo fraco, entretanto, pelo CR Propõe.

3.3.5. Abstração de Generalização

A abstração de generalização/especialização, suportada no modelo estendido, corresponde à idéia de que os elementos de modelagem possuem tipos próprios, que podem ser especializados através do conceito de subtipos. Por outro lado, vários tipos podem ser generalizados em um supertipo. O conjunto de entidades que se especializa é chamado de *conjunto de entidades genéricas* (CEG), enquanto que os conjuntos de entidades especializadas são chamadas, individualmente, de *conjunto de entidades específicas* (CEE).

Uma especialização ocorre porque os subconjuntos de entidades específicas possuem atributos adicionais aos já associados ao CE genérico, e/ou porque se relacionam de maneira diferente

com outros conjuntos de entidades. Uma das possíveis representações da abstração de generalização, no ME-RX, realiza-se através de um hexágono, conforme pode-se observar na Figura 3.11.

Figura 3.11 – Exemplo de Especialização no ME-RX

Dados um CEG e vários CEE, a generalização é *mutuamente exclusiva* quando, para quaisquer j e k distintos, $CEE_j \cap CEE_k = \emptyset$. Caso a interseção não seja um conjunto vazio, têm-se uma especialização *sobreposta*. Os arcos da Figura 3.11 indicam que as entidades especializadas são mutuamente exclusivas. Sua ausência indica que as entidades especializadas são sobreponíveis.

A generalização é *total* quando todas as entidades genéricas também estão em pelo menos um dos CE específicos, ou seja, $\bigcup_{i=1}^n CEE_i = CEG$. Por outro lado, quando existir ao menos uma entidade genérica que não esteja em nenhum dos conjuntos de entidades específicos, a generalização será *parcial*, ou seja, $\bigcup_{i=1}^n CEE_i \neq CEG$. Na representação, a haste dupla (Figura 3.11) indica generalização total, enquanto que a haste simples indica generalização parcial.

3.3.6. Abstração de Agregação

Também suportada apenas no modelo estendido, essa abstração permite a associação de elementos a partir de seus objetos componentes, resultando em outros objetos. É sempre gerada a partir de um *único* conjunto de relacionamentos, ocorrendo, frequentemente, em duas situações:

- Caso 1: quando é necessário identificar-se cada relacionamento de um conjunto, ou seja, o relacionamento tem chave;
- Caso 2: há mais de um relacionamento envolvendo as mesmas entidades, necessitando-se diferenciá-los.

Uma das formas de representar o conjunto de entidades gerado a partir da agregação é através de um retângulo envolvendo o conjunto de relacionamentos e os conjuntos de entidades envolvidos na agregação, conforme a Figura 3.12. O conjunto de relacionamentos da agregação é chamado de *conjunto de relacionamentos gerador* (CR gerador); chama-se *conjunto de entidades agregação* (CE agregação - CEA) ao conjunto de entidades resultante da agregação.

Figura 3.12 – Exemplo de Agregação no ME-RX

3.4. Modelo Relacional (M-Rel)

Introduzido por Codd em 1970, o Modelo Relacional é um modelo de dados lógico bastante simples, com estruturas de dados muito uniformes. Ele representa os dados através de uma coleção de relações [ELMASRI_94].

Uma relação é uma *tabela* de valores, onde cada linha representa uma coleção de dados relacionados. Esses valores podem ser interpretados como a descrição de uma instância de uma entidade ou de um relacionamento. O nome da tabela e o nome das colunas são usados para ajudar na interpretação do significado dos valores em cada linha da tabela, conforme pode-se observar no exemplo da Figura 3.13.

Figura 3.13 – Exemplo de Esquema no Modelo Relacional

Na terminologia do Modelo Relacional, originada no formalismo algébrico que embasa o modelo, cada linha é chamada de *tupla*, cada coluna é chamada de *atributo* e a tabela chama-se *relação*. O tipo de dado que descreve os tipos de valores que podem aparecer em cada coluna é chamado *domínio*. Esses valores devem ser indivisíveis, ou seja, em nenhum lugar do banco de dados podem ocorrer partes deles. Por exemplo, a data de nascimento de um aluno será indivisível se não for necessário, em alguma parte do banco de dados, saber o seu dia de aniversário (dia e mês, desprezando-se o ano). Satisfeita essa condição, pode-se dizer que a data de nascimento de um aluno é indivisível, sendo chamada também de *atômica*. Sob esse ponto de vista, pode-se considerar domínio como sendo um conjunto de valores atômicos [TRAINA_92].

Pode-se, simplificadaamente, representar o esquema de uma relação da seguinte maneira:

$$R = \{ A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, \dots, A_n \}$$

onde R é o nome da relação e n é o grau da relação. Cada atributo A_i é o nome de um papel que um domínio $\text{Dom}(A_i)$ assume na relação R . Uma relação de alunos, contendo nome, RG e telefone, serve como exemplo dessa forma de representação (esquema de grau 3):

$$\text{Aluno} = \{\text{Nome}, \underline{\text{RG}}, \text{Telefone}\}$$

Chama-se de *superchave* o conjunto de atributos de uma relação R que identifique univocamente cada tupla. Já o conceito de *chave* corresponde à superchave da qual não se pode retirar atributo algum e ainda preservar-se a propriedade de identificação unívoca. Geralmente, grifam-se os atributos chaves [CERI_92], como o atributo RG do exemplo anterior. Se mais de um atributo participa de uma mesma chave, grifam-se todos com o mesmo número de traços.

É comum que exista mais de uma chave para uma mesma relação, sendo cada uma delas chamada de *chave candidata*. Havendo mais de uma chave candidata, escolhe-se uma para ser a *chave primária*. Essa é a chave que pressupõe-se ser a mais freqüentemente utilizada para acessos nessa relação. Grifa-se a chave primária com apenas um traço, aumentando-se o número de traços para as demais chaves candidatas.

Dados dois conjuntos de atributos quaisquer C e D , diz-se que ambos são *compatíveis* quando existe uma ordem entre os atributos de ambos os domínios tal que o primeiro atributo de C tenha o mesmo domínio do primeiro atributo de D , e assim sucessivamente. *Chave estrangeira* é nome dado ao conjunto de atributos $C \subseteq R_x$, que não é chave na relação R_x , mas é compatível com a chave primária (conjunto de atributos D) da relação R_x . Por exemplo, tomando-se os conjuntos de atributos:

$$C = \{A, B\} \text{ e } D = \{F, H\}$$

$$\text{e as relações } R_x = \{A, B, J, \dots\} \text{ e } R_y = \{F, G, H, \dots\}$$

$$\text{tal que } \text{Dom}(A, B) = \text{Dom}(F, H)$$

Se $\{A, B\}$ é chave primária de R_x , então $\{F, H\}$ é *chave estrangeira* em R_y

3.4.1. Construtores Semânticos

O Modelo Relacional é, conforme já mencionado anteriormente, um modelo de dados lógico, criado para poder suportar representações de dados que possam ser processadas por um computador [CERI_92]. Desse modo, o enfoque utilizado privou o modelo de possuir um grande número de construtores semânticos, optando-se pela simplicidade de representação. O Modelo Relacional suporta somente dois construtores semânticos:

- Relações, que integram a abstração de classificação/instanciação à abstração de agregação/separação;
- Tuplas, que correspondem à abstração de agregação/separação.

3.5. Mapeamento: Modelo Entidade – Relacionamento Estendido (ME-RX) para o Modelo Relacional (M-Rel)

O mapeamento do Modelo Entidade – Relacionamento Estendido (modelo semântico) para Modelo Relacional (modelo lógico) permite que se “traduza” um esquema concebido segundo um modelo semanticamente mais rico, para um modelo suportado por grande número gerenciadores disponíveis comercialmente.

O diagrama ME-RX não proporciona um mapeamento tão direto quanto o de um diagrama R, porém é mais completo e adequado semanticamente ao estudo de caso a ser analisado. Como o R original pode ser mapeado para o Modelo Relacional através de um algoritmo em 7 passos, gera um esquema relacional normalizado até a terceira forma normal. A inclusão de construtores semânticos torna necessária a incorporação de novos passos aos sete originais para contemplar o mapeamento das abstrações de generalização e agregação, sendo que o algoritmo resultante não garante a normalização da base resultante. Os passos modificados no mapeamento do ME-RX [TRAINA_92][ELMASRI_94][BIAJIZ_96][GOMES_99] são:

Primeiro Passo:

Mapear todos os *conjuntos de entidades regulares* (que não são fracas e nem especializadas ou agregadas) do diagrama ME-RX. Cada CE dá origem a uma relação que inclui todos seus atributos. Caso exista atributo composto, deve-se incluir todos os atributos elementares que compõem o atributo composto. O atributo chave do CE será a chave da relação. Se esse atributo for composto, a chave primária será o conjunto dos atributos que o compõem.

Segundo Passo:

Mapear todos os *conjuntos de entidades fracas* do diagrama ME-RX. Para cada CE fracas, deve-se criar uma relação que inclua todos os seus atributos, mais os atributos chaves das relações que mapeiam os CE's envolvidos pelo CR total que torna esse CE fraco. A chave da relação criada será a chave do CE fracas concatenada às chaves das demais relações que mapeiam os CE envolvidos no CR total que o tornam fraco. Deve-se notar que as chaves estrangeiras que irão compor a chave primária da nova relação provêm das *relações* resultantes do mapeamento dos CE envolvidos, as quais não são necessariamente as chaves dos CE originais. Com isso, há uma ordem a ser seguida no mapeamento: um CE fracas só poderá ser mapeado *após* o mapeamento dos demais CE envolvidos no relacionamento total que torna o conjunto de entidades fraco. O exemplo da Figura 3.14 demonstra um esquema com de CE fracas.

Figura 3.14 – Exemplo de CE Fracas no ME-RX

As relações resultantes (mapeadas nessa ordem) são:

Turma = {Número, Horário, Sala, Sigla}

Aula Prática = {Código, Horário, Laboratório, Sigla, Número}

Terceiro Passo:

Para cada ocorrência de abstração de *generalização*, mapear os CE específicos e os CE genéricos conforme uma das 4 alternativas abaixo elencadas. Para a discussão das condições de utilização de cada alternativa e melhor demonstração de sua utilização, considera-se um conjunto de entidades genérico EG, com atributos { ag_{ch} , ag_1 , ag_2 , ..., ag_n }, sendo ag_{ch} a chave primária, e m conjuntos de entidades especializadas { ES_1 , ES_2 , ..., ES_m }, mostrados na Figura 3.14 de acordo com uma das possíveis representações da abstração de generalização/especialização no ME-RX.

Figura 3.15 – Exemplo Genérico de Especialização em ME-RX

1ª Alternativa: Cria-se a relação $R = \{ag_{ch}, ag_1, ag_2, \dots, ag_n\}$ para EG, onde ag_{ch} é chave primária da relação. Cria-se também uma relação $R_i = \{ag_{ch}\} \cup \{\text{atributos de } ES_i\}$, para cada ES_i , onde $1 \leq i \leq m$. Esta opção é usada para qualquer restrição sobre a abstração de generalização/especialização: mutuamente exclusiva ou sobreposta, total ou parcial. Uma operação *equijoin* sobre a chave primária entre algum R_i e R produz todos os atributos específicos e herdados das entidades em R_i .

2ª Alternativa: Cria-se uma relação $R_i = \{\text{atributos de } ES_i\} \cup \{ag_{ch}, ag_1, ag_2, \dots, ag_n\}$ para cada ES_i , $1 \leq i \leq m$, sendo ag_{ch} a chave primária de cada R_i . Esta opção é viável apenas com as restrições de exclusão mútua e participação total. Se a especialização não é total, uma entidade que não pertence a nenhum ES_i é perdida. Se a especialização não for exclusão mútua, uma entidade irá pertencer a mais que um ES_i e terá os atributos herdados de EG armazenados redundantemente em mais de uma R_i . Nesse caso, sempre que for necessário pesquisar um atributo qualquer de EG, será preciso pesquisá-lo em todos os ES_i , $1 \leq i \leq m$, aplicando-se, para isto, a operação *outer union* nas relações R_i .

3ª Alternativa: Cria-se uma relação $R = \{ag_{ch}, ag_1, ag_2, \dots, ag_n\} \cup \{\text{atributos de } ES_1\} \cup \{\text{atributos de } ES_2\} \cup \{\text{atributos de } ES_m\} \cup \{t\}$. Esta opção é apropriada para a especialização onde os conjuntos de entidades especializados são *disjuntos* e t é um atributo que indica o ES a qual cada tupla pertence. Portanto, o domínio de t deve ser $\{1, 2, \dots, m\}$. Se a especialização é parcial, t pode ter valor nulo das tuplas que não pertencem a nenhum ES. No caso da especialização ser definida por um atributo, tal atributo exerce o mesmo papel de t , que torna-se desnecessário.

No exemplo da Figura 3.16, o atributo *qualificação* determina se um funcionário é motorista, porteiro ou secretária, de acordo com uma das possíveis notações de representação da abstração de generalização/especialização. As restrições definidas para esta especialização são: participação parcial e disjunção.

Figura 3.16 – Exemplo de Generalização em ME-RX

Mapeando-se esse esquema de acordo com a 3ª alternativa, gera-se a seguinte relação:

Funcionário = {código, nome, qualificação, num_habilitação, salário, num_línguas}

4ª Alternativa: Cria-se uma relação $R = \{ag_d, ag_1, ag_2, \dots, ag_n\} \cup \{\text{atributos de } ES_1\} \cup \{\text{atributos de } ES_2\} \cup \{\text{atributos de } ES_m\} \cup \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$. Esta opção é apropriada para a especialização cujos conjuntos de entidades especializadas são *sobrepostas* e cada t_i , $1 \leq i \leq m$ é um atributo booleano, indicando se a tupla pertence a um ES_i . Cada campo t_i tem como domínio {sim,não}, onde o valor “sim” indica que a tupla é um membro de ES_i .

Na 3ª e 4ª alternativas de mapeamento cria-se uma única relação para representar o conjunto de entidades genérico e todos os conjuntos de entidades especializadas ES_i , com $1 \leq i \leq m$. Uma entidade que não pertence a nenhum conjunto de entidades especializadas terá valores nulos para todos os atributos específicos dos ES_i . Se existirem poucos atributos específicos, essas duas alternativas de mapeamento são preferíveis às 1ª e 2ª alternativas, pois não há a necessidade de

realização das operações *equijoin* e *outer union*, resultando em uma maior eficiência com relação às consultas.

Quando há especialização em vários níveis, não é necessária a adoção da mesma alternativa de mapeamento para todos os níveis, sendo possível a utilização de alternativas diferentes para cada nível [ELMASRI_94].

A Tabela 3.2 resume as quatro alternativas de mapeamento apresentadas e suas restrições de utilização.

Tabela 3.2 – Alternativas de Mapeamento para a Especialização

Alternativa	Relações	Restrições
1ª	$R = \{ag_1, ag_2, ag_3, \dots, ag_n\}$ $R_i = \{ag_i\} \cup \{atr \text{ de } ES_i\} \quad 1 \leq i \leq m$	- sobreposição / exclusão mútua - participação total / parcial
2ª	$R_i = \{atr \text{ de } ES_i\} \cup \{ag_1, ag_2, ag_3, \dots, ag_n\}$ $1 \leq i \leq m$	- exclusão mútua - participação total
3ª	$R = \{ag_1, ag_2, ag_3, \dots, ag_n\} \cup \{atr \text{ de } ES_1\}$ $\cup \{atr \text{ de } ES_2\} \cup \dots \cup \{atr \text{ de } ES_m\} \cup \{l_1\}$	- exclusão mútua
4ª	$R = \{ag_1, ag_2, ag_3, \dots, ag_n\} \cup \{atr \text{ de } ES_1\}$ $\cup \{atr \text{ de } ES_2\} \cup \dots \cup \{atr \text{ de } ES_m\}$ $\cup \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$	- sobreposição

Quarto Passo:

Mapear os *conjuntos de entidades agregação*. De acordo com o tipo da agregação, tem-se as seguintes formas de mapeamento:

1ª Alternativa (quando existe apenas uma entidade agregação para cada relacionamento gerador da agregação): Mapear os CE envolvidos pelo CR Gerador, conforme o primeiro e o segundo passo. Os atributos do CR gerador deverão ser repassados para o CE agregação. Deve-se criar uma relação para o CE agregação, incluindo-se os atributos chaves dos CE's envolvidos como chave candidata.

2ª Alternativa (quando pode haver mais de uma entidade agregação para cada relacionamento gerador da agregação): Deve-se verificar se é possível repassar os atributos do CR gerador para o CE agregação. Para se mapear o CE agregação, cria-se uma relação composta por sua chave (seus identificadores unidos às chaves dos CE envolvidos) e seus atributos, repassados ou não. Caso o relacionamento tenha atributos que não possam ser repassados ao CE agregação, mapeia-se esse conjunto de relacionamentos normalmente, seguindo os próximos passos.

Quinto Passo:

Mapear os *conjuntos de relacionamentos binários de cardinalidade 1:1* do diagrama ME-RX. Nesse caso, não serão criadas novas relações. Os atributos do CR binário 1:1, se existirem, deverão ser incorporados a qualquer uma das relações que mapeiam os CE's envolvidos. Nesta mesma relação escolhida, devem ser acrescentados os atributos chave da relação que mapeia o outro CE.

Sexto Passo:

Mapear todos os *conjuntos de relacionamentos binários de cardinalidade 1:N* do diagrama ME-RX. Da mesma forma que os conjuntos de relacionamentos binários de cardinalidade 1:1, os CR's 1:N não geram novas relações. Seus atributos serão incorporados à relação que mapeia o CE de cardinalidade N no relacionamento. Nessa mesma relação deverão ser acrescentados também os atributos chave da relação que mapeia o CE com cardinalidade 1.

Sétimo Passo:

Mapear todos os *conjuntos de relacionamentos binários de cardinalidade N:M* do diagrama ME-RX. Cada CR de cardinalidade M:N criará uma nova relação, cujos atributos são os do próprio CR (se existirem), mais os atributos chaves das relações que mapeiam os CE's envolvidos; esses últimos, concatenados, formam a chave dessa relação.

Oitavo Passo:

Mapear todos os *conjuntos de relacionamentos de ordem ≥ 3* do diagrama ME-RX. Para este tipo de relacionamento, sempre se considera cardinalidade vários:vários:vários. Para cada CR será criada uma nova relação, cujos atributos são os do CR (se existirem) e cuja chave é formada pelos atributos chaves das relações que mapeiam os CE's envolvidos. Os CR's de ordem maior

que três são tratados da mesma maneira que os ternários. Seu mapeamento cria uma relação para cada CR, possuindo os atributos do CR e, como chave, os atributos concatenados de cada relação que mapeia os CE's envolvidos.

Nono Passo:

Existem duas alternativas para o mapeamento de atributos multivalorados:

1ª Alternativa (não considera conhecimento adicional sobre o atributo que está sendo mapeado): Para cada atributo multivalorado cria-se uma nova relação que tem como chave os atributos chave da relação que mapeia o CE ou CR ao qual pertencia o atributo, juntamente com o atributo multivalorado tomado como monovalorado. Isto pode ser verificado no mapeamento da relação paciente, descrita abaixo, que armazena informação a respeito de um paciente de algum consultório médico. Nesta relação, o atributo *alergias* é multivalorado e por isso a relação paciente foi dividida em duas relações - paciente e alergias:

$$\text{Paciente} = \{\text{código_paciente}, \text{nome}, \text{estatura}, \text{peso}, \text{coeficiente_gordura}, \text{alergias}/\}$$

Extraíndo-se o atributo multivalorado alergias, criam-se duas relações:

$$\text{Paciente} = \{\text{código_paciente}, \text{nome}, \text{estatura}, \text{peso}, \text{coeficiente_gordura}\}$$
$$\text{Alergias} = \{\text{código_paciente}, \text{alergia}\}$$

2ª Alternativa (considera conhecimento adicional sobre o atributo que está sendo mapeado): Em alguns casos é possível determinar a quantidade de ocorrências de valores nos atributos. Quando isso acontece e essa quantidade é pequena, pode-se instanciar essa quantidade de atributos como monovalorados na mesma relação que mapeia o CE ou CR ao qual o atributo multivalorado está associado. Desta forma, a relação com o atributo multivalorado *grau_das_lentes*:

$$\text{Paciente} = \{\text{código_paciente}, \text{nome}, \text{estatura}, \text{grau das lentes}/\}$$

Seria mapeada como:

$$\text{Paciente} = \{\text{código_paciente}, \text{nome}, \text{estatura}, \text{grau_esq}, \text{grau_dir}\}$$

Entretanto, com a utilização da 2ª alternativa de mapeamento de atributos multivalorados, impede-se a total automação do procedimento de mapeamento do ME-RX para o M-Rel [ELMASRI_94].

A descrição dos passos para o mapeamento de um diagrama ME-RX para o M-Rel é mais complicada que a atividade em si, cujo entendimento torna-se simples com a aquisição de experiência prática.

3.6. Considerações Finais

O Modelo SIRIUS é o modelo com maior grau de representação semântica entre os comparados, conforme pode-se observar, pois foi desenvolvido com o intuito de representar situações onde os dados não apresentam homogeneidade estrutural.

O Modelo Entidade – Relacionamento Estendido é mais pobre semanticamente, notando-se a falta da abstração de classificação, o que pode gerar uma sobrecarga semântica na abstração de generalização, que geralmente é utilizada para representar a existência da classificação em casos reais. Quando isso ocorre, há uma representação equivocada da realidade, introduzindo-se erros no projeto desde sua fase inicial, o que é altamente indesejável. As alternativas de mapeamento para a abstração de generalização propostas na literatura até agora não cobrem nenhum dos casos de classificação, tal como será mostrado nos capítulos seguintes.

Já o Modelo Relacional atende bem ao propósito para o qual foi desenvolvido, mesmo suportando somente os construtores semânticos mais elementares. Assim, é uma boa base para a construção dos sistemas de software, desde que seja suplementado nas fases de projeto do sistema por um modelo conceitual adequado às necessidades do sistema a ser desenvolvido. Aplicações comerciais típicas são bem atendidas pelo ME-RX, como a prática tem mostrado desde sua introdução no final dos anos 70. No entanto, aplicações mais complexas, tais como as que envolvem suporte para aplicativos científicos e de engenharia, ou aplicações que envolvem manipulação de dados multimídia, necessitam de recursos do modelo conceitual que vão além daqueles fornecidos pelo ME-RX.

A Tabela 3.3 resume os modelos apresentados e alguns amplamente utilizados atualmente, mostrando quais suportam as principais abstrações discutidas neste trabalho

Tabela 3.3 – Abstrações Suportadas pelos Modelos de Dados

Modelos de Dados	ABSTRAÇÕES			
	Generalização	Agregação	Composição	Classificação
	Especialização	Desagregação	Decomposição	Instanciacao
SIRIUS	X	X	X	X
ME-RX	X	X		
M-Rel		X		
FUSION*	X	X		
ITASCA*	X		X	
OMT*	X	X		
IDEA*	X			

* Modelos inscritos para simples comparação [GOMES_99]

Capítulo 4: Abstração de Classificação

1. Considerações Iniciais

A abstração de classificação existe de fato em diversas situações reais, sendo comum a utilização de outras abstrações disponíveis para a representação dessas informações, introduzindo-se sobrecargas semânticas não desejáveis e que levam a pontos obscuros na modelagem.

Para que estas dúvidas de interpretação sejam dirimidas, caracteriza-se precisamente, neste capítulo, a abstração de classificação, diferenciando-a das demais abstrações, especialmente a abstração de generalização.

Na seção 4.2 apresentam-se os principais conceitos relacionados à abstração de classificação. Na seção 4.3 aborda-se a abstração de classificação do ponto de vista do modelo de dados SIRIUS, que serviu como base conceitual para o presente trabalho. Já na seção 4.4 cria-se uma nova extensão do Modelo Entidade – Relacionamento Estendido (ME-RX), introduzindo-se um construtor semântico específico para a abstração de classificação. Ressalta-se que esse modelo de dados foi o escolhido para a utilização no estudo de caso devido à sua simplicidade e à capacitação técnica dos funcionários da empresa envolvida no estudo de caso. Na seção 4.5 são criadas as regras de mapeamento da abstração de classificação representada no ME-RX e seu novo construtor semântico para o Modelo Relacional (M-Rel), processo descrito pela primeira vez na literatura. Finalmente, são apresentadas as considerações finais na seção 4.6.

4.2. Caracterização da Abstração de Classificação

A classificação, também chamada de materialização na literatura [PIROTTE_94] [PIROTTE_97], é um novo e poderoso padrão não ambíguo de abstração, consistindo, intuitivamente, de um relacionamento semântico entre um conjunto de categorias de objetos (por

exemplo modelos de carros) e os objetos concretos (por exemplo os carros individualmente considerados).

A abstração de classificação é normalmente utilizada em modelos de dados para definir o conceito de tipo ou classe. Modelos que têm a característica de serem meta-modelos possuem essa abstração ocorrendo em três níveis:

- **1º nível:** instancia-se os conceitos no meta esquema;
- **2º nível:** cada conceito do modelo é instanciado nos elementos de uma modelagem em particular (criando-se a base intencional);
- **3º nível:** cada elemento da modelagem é instanciado nas respectivas ocorrências de dados da base de dados (criando-se a base extensional).

O Modelo Relacional, por exemplo, é um meta modelo. Ele tem inicialmente seus conceitos instanciados, criando-se, teoricamente, uma tabela com os mesmos conceitos (“relações” e “atributos” seriam cada um uma tupla). Cada tupla dessa tabela hipotética define uma tabela do segundo nível de instanciação: tabela de tabelas, tabela de atributos, etc. Quando uma modelagem é efetuada, essas tabelas recebem como tuplas cada uma das tabelas, atributos, etc., criados na modelagem. No terceiro nível de instanciação, finalmente as tabelas modeladas são instanciadas nas tabelas da aplicação e recebem os dados do sistema do mundo real.

Embora seja indispensável num modelo de dados, porque apenas através da classificação é possível a existência de esquemas de dados, cujos elementos são instanciados nas bases extensionais, a abstração de classificação não é geralmente disponibilizada aos projetistas/analistas para ser usada nas modelagens, ou seja, como um construtor semântico, conforme pode-se observar na Tabela 3.3 do capítulo anterior, comparativa entre as abstrações suportadas pelos modelos de dados. Verifica-se ainda, pela análise da mesma tabela, que o único modelo que suporta a classificação como construtor semântico é o SIRIUS, que foi portanto utilizado no presente trabalho como base teórica, fornecendo os principais conceitos envolvidos.

Quando um modelo de dados tem um construtor que suporta a classificação no modelo, acrescentam-se outros níveis, em quantidade que depende do emprego do construtor.

Teoricamente qualquer número de níveis é possível. Na prática, um único nível adicional é a situação mais freqüente, dificilmente encontrando-se dois ou até três níveis.

Durante o desenvolvimento do estudo de caso explanado no próximo capítulo, constatou-se que quando são colocadas à disposição do projetista as abstrações de classificação e de generalização, diversas situações do mundo real o colocam em dúvida na escolha da representação mais adequada. Uma provável razão para este problema é a grande difusão da abstração de generalização com o advento das técnicas de orientação a objeto, situação diversa da abstração de classificação, que tem sido pouco explorada. Conforme anteriormente mencionado, os modelos de dados orientados a objeto, em geral, suportam bem a representação da abstração de generalização/especialização, mas não permitem a representação da abstração de classificação/instanciação nas modelagens, embora a abstração de classificação ocorra obrigatoriamente para permitir a definição das instâncias dos tipos de objetos definidos no esquema. Desta forma, situações do mundo real que seriam adequadamente representadas com o uso da abstração de classificação são representadas através de outros mecanismos ou até mesmo desprezadas, havendo, invariavelmente, perdas semânticas, dificilmente reparadas em outras fases de projeto.

É comum o projetista considerar muito sutil a diferença entre classificação e generalização nas primeiras vezes em que se depara com ambas as situações. No entanto, com exposição ao conceito, e do ponto de vista teórico, a diferença entre elas é muito grande. Como uma regra básica, que pode servir de guia para essas pessoas, adota-se a seguinte:

- **Na generalização um objeto de um tipo específico é o mesmo objeto do tipo genérico, enquanto que na classificação um objeto do tipo instância é outro objeto; ele apenas é do tipo do objeto classe .**

Por exemplo, um curso noturno ou diurno é um curso, ou seja, o mesmo curso quando se despreza o detalhe período. Portanto, curso noturno e curso diurno são especializações de curso. Já turma é instância de curso, existindo turmas que são instâncias de curso diurno e turmas que são instâncias de curso noturno, cada uma respeitando as particularidades de cada um de seus tipos em particular.

Deve-se destacar que a herança de atributos e métodos é uma propriedade da abstração de generalização, enquanto que a associação de valores “default” a atributos de objetos é propriedade da abstração de classificação. Assim, qualquer atributo de um curso é aquele mesmo valor para, por exemplo, o curso noturno que ele é. Qualquer substituição daquele valor no curso noturno corresponde à mesma mudança no curso genérico. Já a mudança no valor de um atributo de algum curso que tenha sido instanciado em alguma turma (por “default”) com aquele valor, não altera o valor do tipo.

Pode haver também, embora menos freqüente, certa dúvida do projetista ao comparar as abstrações de classificação e composição (esta última na maneira em que é retratada pelo SIRIUS, conforme descrito no capítulo 03). Ressalte-se que a abstração de composição é utilizada para a representação da associação entre objetos que são realmente compostos por outros, como por exemplo quando se descreve a composição de um prédio (objeto composto) por salas e corredores (objetos abstratos), enquanto que a abstração de classificação relaciona semanticamente categorias de objetos e objetos concretos. Utilizando o mesmo cenário, pode-se criar uma sala (objeto tipo) e várias instâncias dessa sala, tais como sala 01, sala 02, sala 03, etc., na planta do prédio, o que leva à classificação da composição.

A seguir, conforme mencionado no capítulo 3, faz-se a descrição dos principais aspectos da representação da abstração de classificação em SIRIUS.

4.3. Abstração de Classificação em SIRIUS

O Modelo SIRIUS trata a abstração de classificação de maneira ímpar quando comparado aos demais modelos de dados em geral, pois disponibiliza-a como um construtor semântico, ou seja, um construtor utilizável pelos projetistas/analistas.

Uma ocorrência da abstração de classificação dá-se através da classificação de um conjunto de objetos pelo seu tipo. Em SIRIUS, caracteriza-se um tipo como sendo também, por sua vez, um objeto. Assim, esse processo se repete, permitindo estabelecer uma hierarquia de classificação. Dessa forma, um objeto é classificado pelo seu tipo, o qual pode ser classificado novamente até que se atinja o tipo de objeto máximo da hierarquia de classificação.[BIAJIZ_96].

A classificação incorpora a distinção entre *formato* e *conceito*. Um tipo quase sempre é um conceito, sem existência material. Já uma instância pode ser tanto conceitual quanto ter existência física – possui um formato. Daí a classificação ser tratada também como *materialização** na literatura [PIROTTE_94][PIROTTE_97][DAHCHOUR_98]. A hierarquia de classificação pode ser vista através de níveis de classificação, que vão do objeto mais “básico” até o objeto máximo da hierarquia (denotado por “objeto abstração de classificação”).

Em SIRIUS, considera-se que não existe um número máximo de níveis de instanciação, sendo esse número determinado pela realidade que está sendo modelada. Nele, a capacidade de representação de um tipo de objeto e de suas instâncias constituem um elemento de representação do modelo, ou seja, um construtor semântico. Quando o tipo de um objeto não é outro tipo definido pelo usuário, constitui-se então num tipo inicial (instanciado do objeto meta-tipo). Nesse caso, a sua representação é feita num diagrama onde o retângulo do tipo fica em branco, conforme pode-se observar na Figura 4.1. Uma peculiaridade desta forma de representação é que ela permite representar num mesmo diagrama os tipos de objetos e suas instâncias.

Figura 4.1 – Representação Gráfica de Objetos e de Tipos de Objetos

* Conceito não relacionado à materialização de relações no Modelo Relacional

A maneira como um objeto é instanciado é estabelecida através de um subconjunto dos atributos de um objeto que é tipo, e que são denominados *atributos de classificação*. São representados através de uma linha vertical na parte superior do objeto. Para cada tipo de atributo coloca-se uma linha perpendicular à primeira. Os atributos do próprio objeto, chamados de *atributos de instância*, são representados da mesma forma, porém na parte inferior do objeto.

Um atributo de instância pode estar definido ou indefinido, e estando definido pode ter um valor ou ser nulo. Um atributo instanciado não pode mais ser repassado para suas instâncias. Um atributo de classificação pode ter valor ou não, além de ter um conjunto de propriedades que estabelecem critérios para a instanciação do objeto ao qual está associado. Um atributo de classificação que tenha valor representa o fato de que esse é o valor “default” repassado para todas as instâncias do objeto ao qual está associado. Note-se que esse processo é dinâmico, no sentido que se o valor mudar, as novas instâncias terão como valor “default” o novo valor alterado, fato que entretanto não altera as instâncias criadas anteriormente à mudança. Um atributo instanciado nunca fica indefinido se no objeto de onde foi instanciado este tiver um valor, porém localmente pode ter valor nulo.

Alguns objetos podem necessitar de atributos extras, ou seja, necessitam de caracterização adicional em relação aos tipos de objetos do qual foram instanciados. Eles podem ser atributos de classificação ou de instância, sendo naturalmente adicionados a esses objetos, sem distinção em relação aos atributos pré-definidos.

É importante caracterizar a distinção entre valor “default” e valor *herdado* (este último decorrente da abstração de generalização). Um valor “default” é *carimbado* no objeto instanciado quando de sua criação, valor esse que pode ser posteriormente substituído caso a caso, pois cada instância pode ter um valor diferente para esse atributo. Já um valor herdado corresponde a um atributo que não está associado ao objeto cujo tipo está em questão, mas a um de seus supertipos. Assim, qualquer alteração no valor de um atributo herdado é repassada, alterando-se igualmente o valor do atributo do objeto que é supertipo. Por exemplo, todo Escort possui tanque de 50 litros, que é o valor “default” para qualquer instância desse modelo de carro. Um corredor de “rally” pode necessitar de um tanque com volume maior, efetuando a troca. Assim, altera-se apenas o valor do tanque do carro do corredor (carro físico), que é uma das instâncias de Escort (modelo). As outras instâncias e o “default” permanecem inalterados. Já se o

Escort “Rally” for considerado uma especialização de Escort, qualquer alteração no tanque de combustível é repassada ao carro genérico, pois ambos são o mesmo objeto – visto com mais ou menos detalhes é certo – mas ainda assim o mesmo objeto.

Uma propriedade dos atributos de classificação é a indicação do número mínimo de níveis da hierarquia, explicitando-se assim quais atributos são instanciados em cada nível. Indica-se essa propriedade no diagrama através de um número que precede o nome do atributo: o número 1 indica que esse atributo será instanciado no primeiro nível (primeira instanciação) desse tipo de objeto; o número 2 indica que será instanciado no segundo nível, e assim sucessivamente.

Outra propriedade é a indicação se o atributo será um identificador (de usuário) do objeto onde ele for instanciado. Isso fica determinado quando o número que indica o nível em que o objeto será instanciado é colocado entre parênteses. Observa-se na Figura 4.2 que o atributo *modelo* de veículo é chave que classifica o objeto *escort*, e o atributo *placa* é a chave que classifica *xp_9999*, ou seja, *xp_9999* é instância de *placa* (carro físico) e *escort* é instância de *veículo*.

Figura 4.2 – Abstração de Classificação e seus Atributos de Classificação

Assim, o número 1 no atributo *modelo* significa que ele será um identificador do objeto instanciado a partir dele, garantindo que não deverá, no caso deste exemplo, haver duas instâncias de *veículo* com o mesmo *modelo*. No caso da Figura 4.2a, o objeto representado é do tipo mais primitivo de objeto, nada sendo escrito no campo reservado para o tipo do objeto.

4.4. Estendendo o ME-RX para suportar a Abstração de Classificação

Para que um modelo de dados possa suportar determinada abstração, é necessário que tal modelo possua um construtor semântico que a incorpore. Os conceitos de classificação/instanciação utilizados no desenvolvimento do projeto utilizado como estudo de caso foram originalmente desenvolvidos no modelo de dados orientado a objetos SIRIUS, conforme anteriormente explanado. No entanto, parte da equipe de desenvolvimento (técnicos e analistas da empresa) não possuía grande capacitação técnica, sendo porém muito treinada na utilização do Modelo Entidade – Relacionamento Estendido (ME-RX), situação essa semelhante à de grande parte dos projetistas atuantes no mercado.

Devido a esse fato, considerou-se adequada a criação de uma nova extensão ao ME-RX, para que ele viesse a suportar um construtor semântico que representasse a abstração de classificação, de maneira análoga à abordagem em SIRIUS. O modelo re-estendido foi denominando *Modelo Entidade – Relacionamento – Classificação* (ME-R-C). Definiu-se que este novo modelo inclui as abstrações e construtores semânticos do ME-R original, mais os dois construtores semânticos tradicionais do ME-RX comumente conhecidos como construtores de generalização e de agregação, e o novo construtor que representa a abstração de classificação. Esse novo modelo (ME-R-C) incorpora, portanto, os seguintes construtores semânticos:

- *Conjuntos de Entidades* – CE (introduzido no ME-R original);
- *Conjuntos de Relacionamentos* – CR (introduzido no ME-R original);
- *Atributos de Entidades* – AE (introduzido no ME-R original);
- *Atributos de Relacionamentos* – AR (introduzido no ME-R original);
- *Construtor de Generalização* – AG (introduzido no ME-RX);
- *Construtor de Agregação* – AA (introduzido no ME-RX);
- *Construtor de Classificação* – AC (introduzido no ME-R-C).

Figura 4.3 – O Construtor de Classificação em ME-R-C

A Figura 4.3 ilustra a representação gráfica adotada para o construtor de classificação em ME-R-C. A extensão feita permite apenas que conjuntos de entidades (CE's), chamados CE_Tipos, sejam instanciados em outros CE's, chamados CE_Instâncias. O construtor de classificação é representado pelo pentágono irregular do centro da figura. Qualquer CE, seja ele regular, tipo ou instância, pode ter atributos próprios, cuja notação segue aquela proposta por Ceri [CERI_92], ligando cada atributo ao CE (ou CR) através de uma linha contínua com um círculo na ponta (•) se o atributo faz parte da chave do CE, ou uma circunferência (○), se o atributo não faz parte da chave. Os atributos próprios são chamados também, nesse trabalho, de *atributos de instância* para que seja simplificada a analogia com os conceitos em SIRIUS.

A extensão feita permite que um CE_Tipo defina os atributos que ocorrerão em suas instâncias, ou seja, os *atributos de classificação*. Isso é indicado ligando-se cada atributo ao CE_Tipo através de uma *linha tracejada*, sendo que sua ponta pode indicar:

- Círculo – nome de um atributo integrante da chave do CE instância criado;
- Circunferência – nome de um atributo que não faz parte da chave do CE instância criado.

Preservando-se a analogia com o SIRIUS, salienta-se que o *nome de cada CE instância gerado* é obtido através do *valor do atributo de instância (próprio) que é chave do CE Tipo*.

Assim, com a introdução dessa nova notação, pode-se representar em ME-R-C a maioria dos conceitos semânticos da abstração de classificação representáveis em SIRIUS. Optou-se pela não indicação, na nova notação, do número mínimo de níveis da hierarquia de classificação, propriedade esta representada em SIRIUS pelo número entre parênteses colocado antes do nome do atributo de classificação. Esta decisão foi tomada considerando que, embora seja possível o acréscimo ilimitado de níveis de classificação em SIRIUS (ou outro modelo de dados que disponibiliza a abstração de classificação como um construtor semântico), verificou-se ser criado apenas um nível de classificação adicional na maioria dos casos observados, dificilmente ocorrendo dois ou três níveis. Por outro lado, considerar apenas a indicação de um dos níveis não restringe o modelo de fato; apenas “espalha” a representação, pois é possível representar o próximo nível da hierarquia nos conjuntos de entidades instanciados.

Quando um novo construtor semântico é acrescentado a um modelo de dados, ele deve somar-se ortogonalmente a todos os demais conceitos já existentes. Portanto, ele deve poder ser aplicado igualmente a todos os demais construtores já existentes, sem afetar seu significado, estruturas e restrições. Assim, a inclusão de um construtor no ME-RX para suportar a classificação não deve afetar aos outros construtores, podendo ser igualmente aplicada a todos eles.

O objetivo final do modelo continua sendo o suporte à modelagem conceitual, prevendo ferramentas de mapeamento para que o resultado final de uma modelagem possa ser mapeado para o Modelo Relacional, e em seguida ser implementado, utilizando-se de gerenciadores de dados existentes. Para suportar a classificação também para isso, todas as ocorrências do construtor de classificação tiveram que ser estudadas para que se determinassem também as suas regras de mapeamento para o M-Rel. No caso da abstração de classificação, em cada situação em que ela se associa com os demais conceitos do ME-RX existe uma ou mais maneiras de efetuar-se o mapeamento, preservando-se as propriedades semânticas do construtor no M-Rel.

Neste trabalho considerou-se que apenas entidades podem ser classificadas, uma vez que é prática usual, quando se utiliza o ME-RX e também o SIRIUS, “promover” atributos e/ou conjuntos de relacionamentos à conjuntos de entidades, quando existem razões semânticas para essa alteração. Considera-se que a classificação é sempre uma razão suficiente para a alteração

do esquema, tratando-se apenas da classificação de conjuntos de entidades. Esse tratamento envolve a análise de CE regulares ou fracas, subtipos ou supertipos de abstrações de generalização, CE resultantes ou não da abstração de agregação. Do ponto de vista da abstração de classificação, não existe diferença o fato do CE serem regulares ou fracas, não sendo necessário, portanto, tratamento diferenciado para os casos. Quanto à abstração de generalização, considera-se que uma entidade que pertença a um determinado subtipo é a mesma entidade que pertence ao supertipo dessa ocorrência de generalização. Deste modo, são passíveis de classificação apenas os CE maximais de hierarquias de generalização. Assim, de maneira análoga a entidades regulares/fracas, o fato de um CE ser ou não especializável em um esquema não afeta a maneira de seu mapeamento quando ele fizer parte de uma ocorrência da abstração de classificação.

Portanto, são tratados no presente trabalho os seguintes casos:

- Mapeamento de conjuntos de entidades (CE's);
- Mapeamento de conjuntos de relacionamentos (CR's) associados a CE's instâncias;
- Mapeamento de agregações (AA).

4.5. Mapeamento: Modelo Entidade – Relacionamento – Classificação (ME-R-C) para Modelo Relacional (M-Rel)

4.5.1. Regras para o Mapeamento da Classificação de CE's

Para melhor demonstrar o mapeamento de CE's envolvidos pela abstração de classificação, considera-se, de acordo com o ilustrado pela Figura 4.4, um conjunto de entidades tipo, *ConjTipo*, com atributos de instância (a_{ch} , a), sendo a_{ch} a chave primária e $a = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – o conjunto de atributos não chave; e atributos de classificação (ac_{ch} , ac), sendo ac_{ch} o atributo de classificação que será o atributo chave do conjunto de entidades instanciadas e $ac = \{ac_1, ac_2, \dots, ac_m\}$ – o conjunto de atributos não chave do conjunto de entidades instanciadas.

Figura 4.4 – Estrutura de Classificação de um CE em ME-R-C

Considera-se também um conjunto de entidades instanciadas de nome $\%a_{ch}$ (o símbolo % representa o valor do atributo na entidade tipo origem), com atributos de instância (ac_{ch} , ac , bc), onde ac_{ch} é a chave primária, $ac = \{ac_1, ac_2, \dots, ac_m\}$ – conjunto de atributos não chave “carimbados” a partir do conjunto de entidades tipo e $bc = \{bc_1, bc_2, \dots, bc_u\}$ – conjunto de atributos específicos da instância.

Preliminarmente, faz-se o mapeamento do conjunto de entidades tipo envolvido, que é mapeado como qualquer CE regular do modelo. Assim cria-se a relação abaixo, contendo os seguintes atributos:

$$\text{ConjTipo} = \{\underline{a}_{ch}, a\}$$

Já em relação a cada CE instância envolvido, existem duas opções para o mapeamento. A primeira segue diretamente a solução teórica e a segunda é mais facilmente implementável, permitindo maior portabilidade e independência de implementação, que também é frequentemente mais eficiente.

4.5.1.1. Solução Teórica

Pelo mapeamento que segue a solução teórica, cria-se uma relação para representar os atributos de classificação do conjunto de entidades tipo e os atributos específicos de cada CE instância. Para cada entidade instanciada do CE tipo cria-se um novo CE instância, ou seja uma nova relação. Essa solução permite que cada instância seja fielmente retratada, garantindo-se alto nível de representação semântica e total compatibilidade com os conceitos teóricos. Assim, para mapear-se os dados dos atributos de classificação do CE *ConjTipo* cria-se a relação:

$$\text{AtrConjTipo} = \{a_{ch}, \text{nome_atr}, \text{tipo}, \text{nulo}, \text{chave}, \text{valor}\}$$

onde a_{ch} identifica cada instância (tupla) do conjunto de entidades tipo; nome_atr indica os nomes dos atributos de classificação (representado na figura por ac e ac_{ch}) e os nomes dos atributos específicos de cada CE instância (representado na figura por bc); tipo indica o tipo desse atributo; nulo indica se ele pode ser ou não nulo; chave indica se o atributo é ou não chave e valor indica um valor “default” no caso de atributos não chave.

Note-se que estão representados nessa relação os atributos usuais suportados pelo modelo relacional para atributos de relações. Se outros atributos dos atributos tiverem que ser representados (e suportados diretamente pelo aplicativo, dado que o Modelo Relacional suporta apenas esses), então outros atributos devem ser incluídos nessa tabela.

Para cada conjunto de entidades instância, cria-se uma relação:

$$\%a_{ch} = \{\{\text{nome_atr}\}\}$$

Observa-se que a notação $\%a_{ch}$ indica que o nome da relação é o valor atribuído ao atributo chave na entidade tipo que a originou.

É importante notar que o mapeamento apresentado ilustra como criar as relações no Modelo Relacional. No entanto, devem ser especificadas também as regras que governam a manipulação das relações mapeadas. No caso da abstração de classificação, as regras são bastante simples em todas as ocorrências mapeadas, sendo obtidas apenas garantindo-se as regras restrições de chave estrangeira normais do Modelo Relacional. Ilustrando no caso desta maneira de mapeamento, as

regras que garantem a consistência da representação da classificação restringem-se a garantir que:

- A inclusão/remoção/modificação de uma tupla na tabela que representa o conjunto de entidades tipo corresponde sempre à inclusão/remoção/modificação das tuplas correspondentes na relação de dados do atributo, seguido da criação/eliminação/modificação da tabela correspondente à instância em questão;
- uma instância deve sempre ser criada/eliminada/modificada na relação correspondente a seu tipo, dado que podem existir muitas relações para o conjunto de entidades instância, de fato uma para cada tupla na relação que mapeia o conjunto de entidades tipo.

Essa solução pode apresentar, em certos casos, alguns problemas práticos, tais como número excessivo de relações, pois para cada entidade tipo cria-se um CE instância $\%a_{ch}$, conforme pode-se verificar nas regras de mapeamento descritas.

4.5.1.2. Solução Prática

Como uma tentativa de resolução desses problemas, criou-se a segunda maneira de realizar-se o mapeamento, chamada de maneira prática. Por essa regra mapeia-se qualquer número de conjuntos de entidades instâncias contando apenas com a utilização de duas relações: uma relação que mapeia CE tipo, que armazena os atributos próprios e os nomes atributos de classificação e dos atributos específicos de cada instância; e uma nova relação que armazena os valores dos atributos de todos os CE instância. A relação correspondente aos dados de cada atributo de classificação do CE tipo até poderia ser criada para auxiliar uma possível regra especial de unicidade entre vários sub-tipos nos atributos chave dos CE instância, o que não tem sentido prático, pois os dados dessa tabela (tipo de dado, nulo, etc.) tem que ser expressos já na geração da única tabela que armazena os valores de todos os CE instância.

Essa solução, entretanto, não é tão genérica como a anterior, pois permite que as variações particulares de cada CE instância sejam representadas apenas parcialmente, uma vez que os mesmos ficam restritos a um número máximo de atributos de classificação definidos em CE tipo.

Como a existência de atributos causa impacto não apenas na base de dados, mas também na interface com o usuário e na programação dos aplicativos, restringir a solução apenas aos

atributos previstos no CE tipo não chega a ser uma restrição de fato, pelo menos até que as linguagens de programação e os sistemas de gerenciamento de interface com o usuário tenham recursos para suportar a abstração de classificação.

Assim, para o mapeamento da situação ilustrada na Figura 4.4, considerando-se, por exemplo, *três* o valor máximo de atributos do CE instância, as relações criadas são:

$$\text{ConjTipo} = \{a_{ch}, a, nome_1, nome_2, nome_3\}$$

Embora haja um atributo que teoricamente integraria a chave do CE instância, ele será incluído na nova relação como atributo não chave, pois a tabela que armazenará os dados de todas as instâncias possui chave própria, conforme relação abaixo:

$$\text{CE_Instância} = \{\underline{\text{dados}}_{ch}, \text{valor}_1, \text{valor}_2, \text{valor}_3, a_{ch}\}$$

O atributo dados_{ch} é a chave da relação. Para preservar-se a origem dos dados insere-se na relação o atributo chave de ConjTipo (chave da entidade que criou a tupla), que atua como chave estrangeira, ligando os dados em si aos tipos de dados.

A Figura 4.5 ilustra a classificação de veículo em modelo de veículo, a exemplo do realizado em SIRIUS na seção 4.3.

Figura 4.5 – Exemplo de Classificação em ME-R-C

Seguindo esse esquema, são criadas as seguintes relações:

▪ **Solução Teórica:**

$\text{Veículo} = \{\underline{\text{nome_modelo}}, \text{marca}\}$

$\text{AtrVeículo} = \{\underline{\text{nome_modelo}}, \underline{\text{nome_atr}}, \text{tipo}, \text{nulo}, \text{chave}, \text{valor}\}$

$\% \text{nome_modelo} = \{\{\text{nome_atr}\}\}$

Ressalta-se que é criada uma relação para cada CE instância (cujo nome é o nome do modelo do veículo, atributo chave da relação do CE tipo). Assim, exemplos de tuplas das relações acima seriam:

Veículo	<i>nome modelo</i>	<i>Marca</i>
	escort	ford
	gol	volks

AtrVeículo	<i>nome modelo</i>	<i>nome atrclass</i>	<i>tipo</i>	<i>nulo</i>	<i>chave</i>	<i>valor</i>
	escort	placa	alfa-num	não	sim	
	escort	anofab	num	sim	não	
	escort	estofamento	alfa	sim	não	couro
	escort	dono	alfa	sim	não	
	gol	placa	alfa-num	não	sim	
	gol	anofab	num	sim	não	
	gol	estofamento	alfa	sim	não	
	gol	combustível	alfa	sim	não	gasolina

escort	<i>placa</i>	<i>anofab</i>	<i>estofamento</i>	<i>dono</i>
	cfu1111	1997	couro	ana
	cvd1234	2000	couro	carlos
	zyw5655	1983	vinil	joaquim

gol	<i>placa</i>	<i>anofab</i>	<i>estofamento</i>	<i>combustível</i>
	frc6432	1996	vinil	gasolina
	cvd8600	2000	couro	gasolina

Enfatiza-se que os atributos de classificação (placa, anofab, estofamento) devem ser criados para todas as instâncias, uma vez que foram definidos pelo CE tipo. Observa-se ainda, pela análise das tabelas, que todas as instâncias do veículo *escort* são criadas (“carimbadas”) com estofamento de couro, pois esse é o valor “default” definido na tabela *AtrVeículo*. Entretanto, há uma tupla que possui estofamento de vinil, o que indica que o valor desse atributo pode ser localmente modificado, sem alteração dos valores do mesmo atributo nas outras instâncias (tuplas).

▪ **Solução Prática (considerando-se o máximo de 4 atributos por instância):**

Veículo = {nome_modelo, marca, nome₁, nome₂, nome₃, nome₄}

Instâncias = {dados_{ch}, valor₁, valor₂, valor₃, valor₄, nome_modelo}

Veículo	<u>nome_modelo</u>	marca	nome ₁	nome ₂	nome ₃	nome ₄
	escort	ford	placa	anofab	estofamento	dono
	gol	volks	placa	anofab	estofamento	combustível

Instâncias	<u>dados_{ch}</u>	valor ₁	valor ₂	valor ₃	valor ₄	nome_modelo
	0001	cfu1111	1997	couro	ana	escort
	0002	cvd1234	2000	couro	carlos	escort
	0003	zyw5655	1983	vinil	joaquim	escort
	0004	frc6432	1996	vinil	gasolina	gol
	0005	cvd8600	2000	couro	gasolina	gol

Salienta-se que deve ser estabelecida uma correspondência unívoca entre a disposição dos atributos na tabela *Veículos* e a disposição dos valores na tabela *Instâncias* para efeito de criação/inserção/remoção de valores.

4.5.2. Regras para o Mapeamento de CR Associados a CE Classificados

Para melhor visualização das regras de mapeamento de CR associados a CE classificados, utiliza-se o esquema genérico apresentado nas regras de mapeamento anteriores, com CE tipo e CE instância %a_{ch} contendo os mesmo atributos próprios e de classificação, com as mesmas

restrições. Foram acrescentados dois relacionamentos e duas entidades, conforme ilustrado na Figura 4.6

Figura 4.6 – Estrutura de Classificação Genérica de CR associado a CE instância em ME-R-C

Assim, foram introduzidos na figura anterior os conjuntos de entidades CE A e CE B, bem como os conjuntos de relacionamentos CR A e CR B. CE B possui atributos de instância (b_{ch} , b), sendo b_{ch} a chave primária e $b = \{b_1, b_2, \dots, b_p\}$ – o conjunto de atributos não chave; CR B possui o atributo (ar), sendo $ar = \{ar_1, ar_2, \dots, ar_q\}$ – o conjunto de atributos do relacionamento.

O conjunto de entidades CE A e o conjunto de relacionamentos CR A (que não possuem atributos devido à sua irrelevância para o exemplo), bem como CE tipo, são mapeados normalmente, de acordo com as regras usuais. O fato de um relacionamento associar um CE tipo não altera em nada seu mapeamento, sendo a ligação do CR ao CE realizada através do atributo de instância que é chave do CE tipo, ou seja, no caso da Figura 4.6, o atributo a_{ch} .

Já CR B requer tratamento especial, pois associa um CE instância. Para efetuar seu mapeamento deve-se, primeiramente, realizar-se o mapeamento do CE instância, de acordo com as regras definidas no tópico anterior. Somente após é que CR B pode ser mapeado, através de uma das soluções:

4.5.2.1. Solução Teórica

O mapeamento de um relacionamento que associa CE instanciados é realizado de acordo com as regras básicas para o mapeamento de relacionamentos vistas no capítulo 03. Assim, a primeira consideração para o mapeamento de um CR é verificar-se sua ordem e cardinalidade. Qualquer que seja a escolha de modelagem do CR, existirá uma relação que o mapeia – pode ser criada uma relação específica para isso ou pode ser usada uma relação já existente, como por exemplo a relação que mapeia o CE que assume papel com multiplicidade N em um relacionamento binário de cardinalidade 1:N. No entanto, considerou-se nesse trabalho que, para a solução teórica, se um CR associa um CE instância uma nova relação deve sempre ser criada. Isso porque, como um CE instância pode ser mapeado através de muitas relações, ocorre de fato uma replicação do CR, que passa também a ser instanciado em muitos “sub-CR” – um para cada instância do CE tipo.

O nome de cada relação criada deve concatenar o nome do CR com o nome do CE instância, para que os “sub-CR” sejam diferenciados. Os atributos que farão parte da chave da nova relação são os atributos pertencentes à chave dos CI's associados pelo CR, incluindo os atributos que fazem parte da chave do CE instância. Já os atributos não chave de CR serão os atributos não integrantes da chave da relação.

Assim, de acordo com a estrutura de classificação genérica de CR associado a CE instância da Figura 4.6, cria-se uma relação para cada instância:

$$CRb + \%a_{ch} = \{ \underline{a_{ch}}, \underline{b_{ch}}, ar \}$$

onde $CRb + \%a_{ch}$ representa o nome formado a partir da concatenação do nome do relacionamento com o nome do CE instanciado.

Pode-se observar que essa maneira de mapeamento aumenta o número de relações geradas pelo sistema, aspecto que deve ser considerado na escolha do mapeamento mais adequado.

4.5.2.2. Solução Prática

A segunda maneira para a realização do mapeamento de CR associando CE instância cria uma única relação, que pode ser identificada pelo próprio nome do CR. Como no caso do mapeamento de CE instâncias, a solução prática apresentada não é genérica. Esta maneira parte

do pressuposto que o CE instância foi mapeado pela maneira mais prática, onde cria-se uma relação para armazenar os nomes dos atributos de CE tipo e os nomes dos atributos dos CE's instância e outra relação para armazenar os valores dos atributos de todos os CE's instância.

Assim, de acordo com a estrutura de classificação genérica de CR associado a CE instância, nessa forma de mapeamento a relação criada possui como chave primária: o atributo chave do CE não instância associado pelo CR, o atributo chave da relação ConjTipo (nomes dos atributos) e o atributo chave da relação CE_Instância (valores dos atributos). A relação possui ainda, como atributos não chave, os atributos de CRb.

$$\text{ConjTipo} = \{\underline{a_{ch}}, a, nome_1, nome_2, nome_3\}$$

$$\text{CE_Instância} = \{\underline{dados_{ch}}, valor_1, valor_2, valor_3, a_{ch}\}$$

$$\text{CRb} = \{\underline{a_{ch}}, \underline{dados_{ch}}, \underline{b_{ch}}, ar\}$$

Portanto a escolha adotada para mapear o CE instância afeta como pode ser feito o mapeamento de cada CR que o envolve. Tem-se, como regra básica, que a mesma maneira adotada para mapear o CE instância pode ser utilizado para mapear cada CR que o associa.

Para que seja alterada a maneira de mapeamento do CR, considera-se a ordem do mesmo e a multiplicidade com que o CE instância participa do CR. Se a ordem é maior que dois, a mesma maneira de mapeamento deve ser empregada. De fato, as mesmas considerações feitas em [TEOREY_91] quanto às chaves de CE que participam de CR de ordem maior que dois aplicam-se aqui, flexibilizando essa regra. Se a ordem for igual a dois (CR binário), a cardinalidade do CR determina a possibilidade de troca no método de mapeamento - CR de cardinalidade 1:1 ou 1:N, onde o CE instância participa com cardinalidade 1, permitem a troca do método de mapeamento; CR de cardinalidade 1:N ou N:M, onde o CE instância participa com cardinalidade N não permitem a troca do método de mapeamento.

4.5.3. Regras para o Mapeamento de Agregações

O mapeamento de um CE resultante de uma agregação de dois ou mais CE's componentes a partir de um CR pressupõe uma das seguintes situações:

- a) no mínimo um dos CE componentes é classificável;
- b) um dos CE's componentes define uma estrutura de dados que atua como indexador do CE agregação.

Assim, há dois casos, que serão tratados a seguir.

4.5.3.1. No mínimo um CE componente é classificável

Esta situação ocorre quando ao menos um dos CE associados pelo CR gerador da agregação é um CE tipo. Pode-se visualizar essa situação na Figura 4.7, que representa um esquema genérico feito nos mesmos moldes dos esquemas anteriores. Foi adicionada uma abstração de agregação AA, com atributos (aa_{ch} , aa), sendo aa_{ch} a chave primária e $aa = \{aa_1, aa_2, \dots, aa_r\}$ – o conjunto de atributos não chave. A agregação AA também possui os atributos de classificação (aac_{ch} , aac), sendo aac_{ch} o atributo de classificação que será o atributo chave do conjunto de entidades instanciadas e $aac = \{aac_1, aac_2, \dots, aac_s\}$ – o conjunto de atributos não chave do conjunto de entidades instanciadas.

Também adicionou-se aos esquemas anteriores um conjunto de entidades instanciadas de nome $\%aa_{ch}$ (onde o símbolo % representa o valor do atributo chave na entidade agregação, que é tipo). Esse novo CE possui atributos (aac_{ch} , aac, bbc), sendo aac_{ch} a chave primária, $aac = \{aac_1, aac_2, \dots, aac_s\}$ – o conjunto de atributos não chave “carimbados” a partir do conjunto de entidades tipo e $bbc = \{bbc_1, bbc_2, \dots, bbc_t\}$ – o conjunto de atributos específicos da instância. Ressalta-se que esse novo conjunto de entidades instanciadas foi adicionado ao esquema por motivo semântico: a agregação ocorre com um CE tipo, ou seja, ocorre com todas as suas instâncias. Desse modo, existem, na verdade, várias agregações – uma para cada instância – fato que acarreta várias instâncias da agregação, que torna-se então tipo. Logo, a existência de um CE tipo em uma agregação acarreta a instanciação do CE AA como um todo.

Figura 4.7 – Esquema Genérico de Classificação de Agregação no ME-R-C

De maneira semelhante aos casos anteriores há duas maneiras de realização do mapeamento. Em ambas, frisa-se que o mapeamento da classificação do CE componente deve ser feito antes do mapeamento do CE Agregação.

4.5.3.1.1. Solução Teórica

O mapeamento da classificação da agregação pela solução teórica é feito partindo-se do pressuposto que o mapeamento do CE instanciado tenha sido realizado em conformidade com a solução teórica apresentada anteriormente, ou seja:

$$\text{AtrConjTipo} = \{a_{ch}, \text{nome_atr}, \text{tipo}, \text{nulo}, \text{chave}, \text{valor}\}$$

$$\text{para cada instância : } \%a_{ch} = \{\{\text{nome_atr}\}\}$$

Mapeia-se então a agregação, através das seguintes relações:

$$CE\ AA_AtrConjTipo = \{\underline{aa}_{ch}, \underline{nome\ atr\ aa}, tipo, nulo, chave, valor\}$$

$$\%aa_{ch} = \{\underline{b}_{ch}, \underline{a}_{ch}, \underline{ac}_{ch}, \{nome_atr_aa\}\}$$

$$CE\ AA = \{\underline{b}_{ch}, \underline{a}_{ch}, \underline{ac}_{ch}, \underline{aa}_{ch}, aa, ar\}$$

Onde nome_atr_aa é o conjunto = {aac_{ch}, aac, bbc}. Podem existir algumas variações nesse mapeamento, pois o mapeamento de uma agregação sem classificação, de acordo com o quarto passo do mapeamento do ME-RX para o M-Rel, visto no capítulo 3, possui duas opções. Se os atributos de CR puderem ser repassados à agregação, CR não é mapeado e o mapeamento da agregação é composto pelas relações acima. Caso os atributos de CR não possam ser repassados, CR precisa ser mapeado (de acordo com a forma teórica anteriormente vista), retirando-se da relação que mapeia o agregado – CE AA – os atributos de CR.

4.5.3.1.2. Solução Prática

O mapeamento da classificação da agregação pela solução prática é, analogamente, realizado partindo-se do pressuposto que o mapeamento do CE instanciado tenha sido realizado em conformidade com a solução prática anteriormente apresentada. Assim, considerando-se 3 o valor máximo dos atributos dos CE's instâncias, criam-se as relações:

$$ConjTipo = \{\underline{a}_{ch}, a, nome_1, nome_2, nome_3\}$$

$$CE_Instância = \{\underline{dados}_{ch}, valor_1, valor_2, valor_3, a_{ch}\}$$

Mapeia-se então a agregação, através das seguintes relações:

$$ConjTipo\ AA = \{\underline{b}_{ch}, \underline{a}_{ch}, \underline{ac}_{ch}, \underline{aa}_{ch}, aa, ar, nome1_aa, nome2_aa, nome3_aa\}$$

$$CE_Instância\ AA = \{\underline{dados\ aa}_{ch}, valor1_aa, valor2_aa, valor3_aa, b_{ch}, a_{ch}, ac_{ch}, aa_{ch}\}$$

As mesmas observações da solução teórica em relação a CR e seus atributos aplicam-se na solução prática. Assim, caso os atributos de CR não possam ser repassados, CR deve ser mapeado (de acordo com forma prática anteriormente vista), retirando-se da relação que mapeia o agregado – ConjTipo AA – os atributos de CR.

4.5.3.2. Um dos CE's componentes define uma estrutura de dados que atua como indexador do CE Agregação.

Quando um dos CE Componentes define uma estrutura de dados que atua como indexador do CE Agregação, o mapeamento correspondente deve considerar o mapeamento dessa estrutura de indexação, para que seja representada toda a carga semântica envolvida na representação. Assim, depara-se com uma situação onde os CE componentes que não são índice são instanciados com estruturas idênticas às originais, sendo que o CE componente indexador funciona como uma forma de referência às instâncias, mesmo não sendo chave.

Figura 4.8 – Esquema Genérico de Classificação de Agregação com Índice em ME-R-C

Conforme pode-se observar na Figura 4.8, há algumas mudanças no esquema representativo dessa situação, quando comparado ao esquema anterior. Primeiramente, ressalta-se que o construtor de classificação é ligado ao *CE Índice*. Também, para garantir que os CE's componentes que não são índice sejam instanciados com estruturas idênticas às originais, impõe-se, na forma de restrição, que

$$\text{Dom}(b_{ch}, b) = \text{Dom}(aac_{ch}, aac)$$

Não há CE's participantes da agregação que são instanciáveis e que acarretam a instanciamento do CE Agregação como um todo. Instancia-se, de fato, a agregação, onde um dos CE's funciona como índice e os demais são instanciados. Deste modo, os atributos de classificação do CE Instância são originados em todos os CE's, com exceção do CE índice que fornece apenas uma das chaves dos CE's instâncias criados.

Neste trabalho considera-se apenas o caso de indexação através de uma sequência ordenada. Essa estrutura é, sem dúvida, a mais utilizada na prática, sendo que os autores nunca se depararam com outro tipo de estrutura. É importante notar também que muitas situações teóricas podem ser solucionadas com a conversão para essa maneira de indexação.

Como as estruturas das tabelas de CE e CE_Instância são idênticas, optou-se pela criação de apenas uma tabela para a representação de todos os conjuntos de entidades instanciados. Para tal, utiliza-se uma nova tabela – pivô – que é responsável pela ligação entre as instâncias e as entidades que as criaram.

O mapeamento dessa situação, prática por excelência, consiste na criação de quatro tabelas: uma para CE, uma para CE Índice, uma para CE_Instância e uma para o pivô (que funciona como agregação) e outra para CE instância:

$$CE = \{b_{ch}, b\} \quad CE_Índice = \{a_{ch}, a\}$$

$$CE_Instância = \{aac_{ch}, aac\}$$

$$Pivô = \{a_{ch}, b_{ch}, aac_{ch}\}$$

4.6. Considerações Finais

Com a criação do ME-R-C, insere-se um novo construtor semântico – abstração de classificação - no ME-RX, eliminando-se a prática comum de utilização de construtores semânticos (em especial a generalização) impróprios para a representação de situações típicas de classificação, fato este que origina sobrecarga semântica indesejável e introduz pontos obscuros na modelagem.

Com a definição de regras práticas de mapeamento da abstração de classificação, acrescentam-se novos passos aos já conhecidos, explanados no capítulo 3. Resumidamente, os passos modificados para o mapeamento do ME-R-C para o Modelo Relacional são:

- Primeiro Passo: mapeamento dos conjuntos de entidades regulares;
- Segundo Passo: mapeamento dos conjuntos de entidades fracas;
- Terceiro Passo: mapeamento das abstrações de generalização:
 - alternativas 1, 2, 3 e 4;
- Quarto Passo: mapeamento das abstrações de agregação:
 - alternativas 1 e 2;
- *Quinto Passo: mapeamento das abstrações de classificação:*
 - *classificação de CE's (soluções teórica e prática);*
 - *classificação de CR's associados a CE's classificados (soluções teórica e prática);*
 - *classificação de agregações;*
 - * *um dos componentes é classificável (soluções teórica e prática)*
 - * *um dos componentes é índice (solução prática)*
- Sexto Passo: mapeamento de conjuntos de relacionamentos binários de cardinalidade 1:1
- Sétimo Passo: mapeamento de conjuntos de relacionamentos binários de cardinalidade 1:N
- Oitavo Passo: mapeamento de conjuntos de relacionamentos binários de cardinalidade N:M
- Nono Passo: mapeamento de conjuntos de relacionamentos de ordem maior ou igual a três
- Décimo Passo: mapeamento dos atributos multivalorados

A Tabela 4.1 apresenta um resumo das relações criadas em cada caso de mapeamento da abstração de classificação:

Tabela 4.1 – Casos da Abstração de Classificação e as Relações geradas no Mapeamento

CASO	TIPO DE SOLUÇÃO	RELAÇÕES
classificação de CE's	<i>teórica</i>	$AtrConjTipo = \{a_{ch}, \underline{nome\ atr}, tipo, nulo, chave, valor\}$ $\%a_{ch} = \{\{nome_atr\}\}$
	<i>prática</i>	$ConjTipo = \{a_{ch}, a, nome_1, nome_2, nome_3\}$ $CE_Instância = \{dados_{ch}, valor_1, valor_2, valor_3, a_{ch}\}$
classificação de CR's	<i>teórica</i>	$CRb + \%a_{ch} = \{ac_{ch}, b_{ch}, ar\}$
	<i>prática</i>	$CRb = \{a_{ch}, \underline{dados_{ch}}, b_{ch}, ar\}$
classificação de AA's (1 componente classificável)	<i>teórica</i>	$CE\ AA_AtrConjTipo =$ $\{aa_{ch}, \underline{nome\ atr\ aa}, tipo, nulo, chave, valor\}$ $\%aa_{ch} = \{b_{ch}, a_{ch}, ac_{ch}, \{nome_atr_aa\}\}$ $CE\ AA = \{b_{ch}, a_{ch}, ac_{ch}, aa_{ch}, aa, ar\}$
	<i>prática</i>	$ConjTipo\ AA =$ $\{b_{ch}, a_{ch}, ac_{ch}, aa_{ch}, aa, ar, nome1_aa, nome2_aa, nome3_aa\}$ $CE_Instância\ AA =$ $\{dados\ aa_{ch}, valor1_aa, valor2_aa, valor3_aa, b_{ch}, a_{ch}, ac_{ch}, aa_{ch}\}$
classificação de AA's (pivô)	<i>prática</i>	$CE = \{b_{ch}, b\}$ $CE_Índice = \{a_{ch}, a\}$ $CE_Instância = \{aac_{ch}, aa_c\}$ $Pivô = \{a_{ch}, b_{ch}, aac_{ch}\}$

Capítulo 5: Estudo de Caso

5.1 Considerações Iniciais

A idéia de se utilizar os conceitos da abstração de classificação na Modelo Entidade-Relacionamento Estendido surgiu no desenvolvimento de um novo sistema de suporte à administração de cooperativas médicas para a empresa UNIMED. A utilização desses conceitos trouxe benefícios e facilidades ao sistema desenvolvido que serão oportunamente abordados.

Para o desenvolvimento do sistema, foi necessária a compreensão da organização, do funcionamento e de algumas regras de negócio das cooperativas médicas, que serão sucintamente descritas na seção 5.2. Na seção 5.3 são demonstrados os principais aspectos do sistema MASTER, desenvolvido durante o estudo de caso. Já na seção 5.4 são abordadas as ocorrências da abstração de classificação durante o desenvolvimento do sistema. Finalmente, na seção 5.5, são feitas algumas considerações sobre o estudo de caso.

5.2. Descrição do Estudo de Caso

De acordo com uma lei federal, podem ser criadas cooperativas para a prestação de determinado serviço. Deste modo, em várias cidades do país, estabeleceram-se várias cooperativas de médicos, constituídas com o intuito primário de organizar e gerenciar a prestação de serviços médicos à sociedade, fornecidos através da contratação de planos de saúde.

Como a lei federal especifica que a área de atuação da cooperativa deve restringir-se à uma cidade ou região bem definida, as cooperativas não podem ter caráter nacional ou até mesmo estadual. Esse fato deixa a cooperativa de médicos em desvantagem em relação aos outros sistemas de planos de saúde, que são gerenciados por empresas. Não há, neste caso, restrições legais quanto a área de abrangência, sendo possível, então, dar aos segurados cobertura

estaduais, nacionais e até mesmo internacionais. Deste modo, para poder se enquadrar na lei e fornecer aos seus beneficiários as mesmas condições das empresas, as cooperativas médicas de várias cidades se uniram e criaram outras organizações, não caracterizadas como cooperativas, mas empresas de fato, atuando como elemento de ligação entre as cooperativas, e criando assim um sistema nacional denominado Complexo-UNIMED.

No Complexo UNIMED cada cooperativa de médicos é completamente independente, com organização e gerenciamento próprios, mas atendendo a alguns padrões definidos para poder integrá-lo. Essas cooperativas, chamadas de singulares, existem em grande número – uma em cada cidade ou região. Exemplos de singulares são: singular São Carlos, singular Rio Claro, singular Araraquara, etc.

Uma das empresas do complexo é a UNIMED-Brasil, que se caracteriza como um elemento de ligação entre as singulares. Uma das suas principais atividades é o desenvolvimento de sistemas de informação para a administração das atividades ligadas à medicina ou às singulares, possuindo para tal fim uma divisão de informática. Além do desenvolvimento dos sistemas, esta divisão também é responsável pelo suporte informatizado para as empresas centrais do complexo.

Como o complexo compõe-se de diversas empresas e cooperativas (singulares) com um alto grau de independência e liberdade de administração, os sistemas desenvolvidos pela divisão de informática da empresa central não são necessariamente adotados. As demais empresas e cooperativas podem adquirir os sistemas se desejarem, mas também podem adquiri-los de outras empresas e das grandes singulares, tais como São Paulo, Campinas, Blumenau e Porto Alegre, que possuem seus próprios centros de informática e desenvolvem sistemas. Assim, existe um mercado para a produção e venda de software, pelo qual competem as singulares e empresas do complexo que dispõem de sistemas desenvolvidos.

No estudo de caso, trabalhou-se, em conjunto com a UNIMED-Brasil, no desenvolvimento de um sistema de suporte à administração de cooperativas médicas. Esse sistema, denominado Sistema MASTER, deveria, portanto, ser capaz de gerenciar uma cooperativa de médicos ou uma empresa do complexo que trabalhe com a administração de planos de saúde.

A UNIMED-Brasil já possuía um sistema, em uso há mais de cinco anos, denominado Sistema de Administração Médica – SIAMED, desenvolvido em Dataflex, executável em diversas plataformas operacionais em mais de 200 (duzentas) das mais de 300 (trezentas) cooperativas médicas do complexo. Entretanto, tomou-se a decisão de se desenvolver o novo sistema – Master – para se tentar dominar esse mercado a longo prazo, eliminando-se a competição entre os sistemas desenvolvidos pela UNIMED-Brasil e os sistemas de funcionalidade similar desenvolvidos principalmente pelas singulares. A principal arma nessa manobra seria o melhor conhecimento, por parte da UNIMED-Brasil, das características gerais de diversas singulares, o que geraria um produto que atenderia mais amplamente as necessidades de cada usuário, podendo, ao mesmo tempo, se adequar melhor às necessidades de cada cooperativa. A substituição deveria ser norteada pelo desenvolvimento de novas funcionalidades para o sistema, suportada por uma reengenharia no sistema existente, atualizando sua tecnologia e usabilidade.

5.3. Sistema de Administração de Cooperativas Médicas

O novo sistema – Master – é, resumidamente, um sistema capaz de administrar requisições para a prestação de serviços médicos e as respectivas execuções dos serviços autorizados, partindo dos beneficiários dos planos de saúde em vigor. Importante notar que a maioria dos planos de saúde é estabelecida com empresas em geral para a cobertura de serviços médicos aos funcionários, embora pessoas físicas possam também firmar contratos para a cobertura pessoal e familiar.

O sistema é composto por quatro subsistemas principais (Figura 5.1). Cada subsistema é responsável por uma base de dados. O termo sublinhado significa que apenas esse subsistema atualiza os dados em sua base, embora os dados possam ser consultados pelos demais. Para tal fim, cada subsistema não somente incorpora as suas operações de acesso aos dados, mas também provê suporte para recepção e avaliação dos dados atualizáveis a partir de outros subsistemas.

Figura 5.1 – Sistema Master

Os subsistemas são compostos por um ou mais módulos de funções específicas. Os subsistemas são:

- **Cadastro** - subsistema que suporta a armazenagem de dados para a execução dos serviços de autorização de consultas, atribuição de valores e cobrança das mesmas, atuando como um repositório de informações para a unificação e integração de todo o sistema. Compõe-se por 4 módulos:
 - **Pessoa:** armazena todos os beneficiários de planos de saúde, empresas contratantes, médicos cooperados, laboratórios e hospitais conveniados, outras singulares e qualquer outra pessoa física ou jurídica que tenha ligação com a singular detentora do sistema;
 - **Produto:** armazena os diferentes tipos de planos de saúde oferecidos pela singular, ou atendidos mediante convênio com outras singulares;
 - **Contrato:** armazena todos os contratos de prestação de serviços realizados com empresas, famílias ou indivíduos;

- Itenserv: armazena os diversos tipos de serviços que podem ser solicitados e cobertos, tais como procedimentos médicos, consultas, exames, diárias e taxas hospitalares.

- **Controle de Serviços** - Composto por dois módulos, provê a interação do sistema Master com os usuários externos à organização:

- Atend: recebe todas as solicitações de atendimento médico para decidir quanto à autorização. Também é responsável criação e manutenção das solicitações efetuadas.

- Produção: verifica os serviços executados, validando-os de acordo com os registros de solicitações de atendimento médico autorizadas. As autorizações e registros de execução são mantidos consistentes com as informações cadastradas e com o modo de atuação operacional diária específica da singular.

- **Valorador de Serviços** - Atribui valores aos serviços executados e validados, distribuindo os encargos e receitas aos respectivos destinatários. Também fornece informações para as diversas pessoas físicas e jurídicas envolvidas por intermédio de relatórios dos serviços prestados, bem com sua cobrança e pagamento. Pode ainda fornecer informações, associando a cada pessoa uma conta financeira e uma conta médica. A conta financeira permite operações de cobrança, pagamento e compensação, e a conta médica permite a futura integração do sistema com ferramentas de gerenciamento laboratorial e hospitalar. Também pode fornecer um prontuário eletrônico dos pacientes e informações pessoais para gerenciamento médico

5.3.1. Inovação Tecnológica

A organização do complexo médico cria um conjunto de necessidades particulares que são bastantes distintas das usualmente encontradas em empresas típicas. Na arquitetura tradicional matriz-filiais, a matriz pode desenvolver, ou pelo menos definir as estruturas da informação, as regras internas às filiais e as regras de operações entre filiais e das filiais com a matriz. Desta forma, embora haja a possibilidade de concessão de determinado grau de liberdade para as filiais, a matriz sempre detém o poder de definir ou somente caracterizar as operações fundamentais. Essa característica, entretanto, não pode ser considerada válida no Complexo

Médico em questão, pois os relacionamentos entre singulares são de interesse exclusivo das partes, sem que, a princípio, nenhuma regra ou decisão envolva quaisquer das empresas centrais.

Todos os sistemas em uso por diversas cooperativas, principalmente os desenvolvidos pela UNIMED-Brasil, devem ser altamente configuráveis e adaptáveis às situações específicas das diversas singulares, para que seja interessante às mesmas sua aquisição. Tal flexibilidade diz respeito não somente à possibilidade de atender às singulares de tamanhos díspares, mas principalmente ao fato da não uniformização de regras de administração, tipos de contratos suportados, formas de distribuição de dados intra e inter-singulares e repasses de associados, entre outros tópicos.

Assim, os mecanismos tradicionais de desenvolvimento de sistemas, que utilizam tecnologias orientadas a objetos e hierarquias de generalização/especialização suportando herança de métodos e estruturas de informação, e a respectiva especialização de componentes, não são suficientes para atender às necessidades de adaptação e flexibilidade de configuração inerentes ao sistema proposto. Basicamente, existem três grandes desafios tecnológicos, apresentados pelo sistema Master, que a tecnologia atual não está apta a resolver. São eles:

- *Extensa necessidade de particularizações de estruturas de informação e regras de gerenciamento.* O uso de abstrações de generalização, representando a especialização de estruturas e regras e permitindo a herança das mesmas a partir de outras mais genéricas, constitui-se na tecnologia de ponta adotada hoje. Entretanto, essa tecnologia não se mostrou eficiente para a resolução dos problemas, pois conduz a um código com alto grau de parametrização local, causando dificuldades para a codificação e principalmente para a manutenção, pois regras em grande número, muitas mutuamente exclusivas ou conflitantes, devem ser incluídas e mantidas simultaneamente. Recursos conceituais para o projeto e implementação de código baseado em **abstrações de classificação** e substituição de valores “default” representaram uma resposta acadêmica possível e adequada;
- *Modularização de funções, com configuração do sistema a partir de módulos em versões independentes.* O sistema deve ser composto por diversos módulos configuráveis e parametrizáveis com grande liberdade, como indicado no tópico anterior, com a restrição adicional que um ou mais módulos podem não integrar o sistema de determinada singular.

Um ou mais módulos podem, também, ser sistemas isolados de mesma funcionalidade, adquiridos de fornecedores distintos ou desenvolvidos localmente. Ainda assim esses módulos deveriam ser integráveis ao sistema, ao menos em nível de compartilhamento de dados (consulta e atualização).

Deste modo, nota-se que o sistema deveria prever ao mesmo tempo alto grau de interoperabilidade entre os módulos e acoplamento muito fraco. Para solucionar esse requisito, diversas tecnologias de versionamento de esquemas, programação baseada em eventos e geração de interfaces de programação de aplicativos baseadas em “drivers” e “plug-ins” tiveram que ser simultaneamente empregadas, além do suporte à classificação, que possibilitou a integração das mesmas.

- *Integração de informação sob demanda entre bases de dados distintas.* Os dois tópicos anteriores referem-se a particularidades que ocorrem intra-singulares. No entanto, diferentes singulares podem estabelecer qualquer tipo de acordo entre si, principalmente no que tange ao atendimento mútuo de beneficiários alheios. Essa situação pode ocorrer, principalmente, em dois níveis:

- repasse de beneficiários de maneira permanente: um exemplo dessa situação é uma empresa, com funcionários lotados em diversas cidades, contratando uma singular para criar um convênio de atendimento a todos os seus funcionários. Nesse caso, os beneficiários lotados em cidades cobertas por outras singulares são repassados para elas, que passam a ter um contrato de atendimento com a singular original, sendo que somente essa última possui contrato com a empresa.

- atendimento de intercâmbio eventual: essa situação ocorre, por exemplo, quando um beneficiário em trânsito tem que ser atendido em outra singular, diferente da contratada, em uma situação de emergência.

Ambas situações requerem, ou indicam a necessidade de existência de um banco de dados distribuído. No entanto, o banco não é distribuído de fato, pois uma singular não compartilha seus dados com as outras: a estrutura interna dos dados é, na maioria das vezes, distinta das demais; a troca de informações é bi-direcional e eventual, com particularidades distintas em cada conexão e, além disso, os dados de uma singular não são totalmente disponibilizados para as

demais, com a justificativa de sigilo nas decisões gerenciais específicas. Pelos motivos acima expostos, técnicas de sistemas federados não se aplicam satisfatoriamente ao caso. Um exemplo de situação que revela a não aplicabilidade desse tipo de sistema é o não atendimento, por parte de alguma singular, a um contrato que foi feito entre um beneficiário e outra singular para cobertura com abrangência nacional. Esse fato, embora não desejável, é possível no Complexo Médico sob análise. Assim, técnicas inovadoras, tais como integração de esquemas sob demanda, compartilhamento de dados através de separação de objetos, evolução independente e reintegração pré-programada, tiveram que ser desenvolvidas.

Para que esse sistema pudesse ser realizado foram utilizados diversos recursos conceituais inéditos, que vêm sendo desenvolvidos pelo Grupo de Bases de Dados do ICMC, sendo que os principais são as técnicas para o compartilhamento de informações [PINHEIRO_98][FERREIRA_98][FERREIRA_96B] e o uso de hierarquias de classificação/instanciação, de que trata a presente monografia.

5.4. Exemplos Práticos de Classificação

5.4.1. Classificação de CEs / CR Associados a CE Classificados

Pessoas físicas e jurídicas devem ser identificadas pelas mais diferentes maneiras. Restringindo-se o exemplo para pessoas que se especializam em Beneficiários, considerou-se, como identificadores, aqueles tidos como “universais”, ou seja C.P.F. e R.G. (para o Brasil, pois o sistema também previu a possibilidade de exportação). No entanto, quando uma empresa faz um contrato de prestação de serviço para seus funcionários (que serão os beneficiários do plano de saúde contratado), ela freqüentemente indica uma forma de identificação, a qual será utilizada na identificação do beneficiário na solicitação de um serviço, utilizando-se para tal da carteira da empresa contratante. Além disso, esta forma de identificação será igualmente utilizada quando a cooperativa reportar à empresa a relação de serviços executados para cada beneficiário.

Deste modo, de acordo com a Figura 5.2, criou-se o CE *Tipo_de_Identificador*, em que cada entidade é um tipo, que possui um nome (*identificador*) que é a chave do CE. Cada

Tipo_de_Identificador pode relacionar-se com uma ou mais *empresas* que o *adotam* e possui uma estrutura que foi definida com apenas dois atributos, ambos chaves do CE Instância. Cada entidade desse CE Tipo é instanciada em um novo CE Instância, que é relacionado com o CE *Beneficiário*, para que cada beneficiário possa ser identificado pelos vários *Identificadores* que ele, como funcionário *segurado* de uma determinada *empresa*, deve ter.

Figura 5.2 – Exemplo de Ocorrência da Classificação no Estudo de Caso

No exemplo da Figura 5.2, *Tipo_de_Identificador* é criada num gerenciador relacional pelo comando:

```
CREATE TABLE Tipoident
  (Identificador CHAR (10),
   Atributo_1 CHAR (15),
   Atributo_2 CHAR (15),
   Nota CHAR (60)
   PRIMARY KEY (Identificador));
```

O CE *Beneficiário* também é mapeado normalmente.

```

CREATE TABLE Beneficiário
(Unimed DECIMAL (4),
CodBenef DECIMAL (8),
Outros atributos não chave CHAR (...),
PRIMARY KEY (Unimed, Codbenef) );

```

5.4.1.1. Mapeamento de CE's Classificados

Existem duas opções para o mapeamento do construtor de classificação, conforme descrito no capítulo 4 – a primeira segue diretamente a solução teórica e a segunda é mais facilmente implementável, permitindo maior portabilidade e independência de implementação.

Solução Teórica

Por esta solução, cria-se uma tabela para cada conjunto de entidades instanciado. O mapeamento requer necessariamente o recurso de compilação dinâmica de comandos da linguagem SQL, preparados no aplicativo através da concatenação de cadeias de caracteres. Impõe-se que, sempre que uma tupla é inserida/removida/atualizada na relação que mapeia o CE Tipo, deve-se criar/apagar/modificar uma relação (CE instância) de acordo com os dados inseridos nessa tupla.

Nesse caso, o seguinte comando “simula” a criação das instâncias, apresentada assim para facilitar a compreensão; o comando real deveria ser “montado” adequadamente e utilizar sintaxe de compilação dinâmica e variáveis externas da linguagem hospedeira para habilitar o uso do comando CREATE TABLE com os parâmetros adequados, substituindo os nomes das tabelas e atributos como um editor de macros.

```

CREATE PROCEDURE Novo_Identificador
( IN id CHAR (10), IN at1 CHAR (15), IN at2 CHAR (15), IN nota CHAR (60))
BEGIN
    INSERT INTO Tipoident
        (Identificador, Atributo_1, Atributo_2, Nota)
        VALUES (id, at1, at2);
    CREATE TABLE %id
        (Atrib1 CHAR (15), Atrib2 CHAR (15), complemento CHAR (60),
        PRIMARY KEY (Atrib1, Atrib2) );
END

```

Esta é a solução correta do ponto de vista teórico, pois permite que cada CE Instância seja adaptado adequadamente, de acordo com as particularidades de cada instância. Entretanto, do ponto de vista prático, essa solução apresenta alguns problemas. Particularmente, gera uma quantidade muito grande de tabelas na base, podendo comprometer, dependendo da quantidade de instâncias requeridas pela aplicação, a perfeita execução do sistema. Além disso, devido às diferenças existentes entre as várias implementações da linguagem SQL e entre as linguagens hospedeiras, a solução não é completamente portátil entre diferentes gerenciadores e ambientes de programação.

Solução Prática

A segunda maneira de realizar-se o mapeamento utiliza apenas duas tabelas: Identif, que possui identificador próprio e armazena os valores dos atributos de todos os tipos de identificadores, e TipoIdent, que armazena os nomes dos atributos de cada tipo de identificador. A seguir, exemplificam-se os procedimentos de criação de da tabela Identif e de inserção de tipos de identificadores:

```
CREATE TABLE Identif
    (Identificador CHAR (10),
    Atrib1 CHAR (15),
    Atrib2 CHAR (15),
    Complemento CHAR (60),
    PRIMARY KEY (Identificador, Atrib1, Atrib2) );
```

```
CREATE PROCEDURE Novo_Identificador
(IN id Char (10), IN at1 CHAR (15), IN at2 CHAR (15), IN Nota CHAR (60))
BEGIN
    INSERT INTO Tipoident
        ( Identificador, Atributo_1, Atributo_2, Nota )
        Values (id, at1, at2);
END
```

Nesta solução deve-se observar que, sempre que o valor de um identificador for usado o valor do nome do identificador correspondente deve ser a ele concatenado, representando uma alternativa

à colocação de uma chave estrangeira. Embora mais simples, esta solução não é completamente genérica como a anterior, pois não permite que variações particulares de cada identificador possam ser incorporadas ao sistema, uma vez que o número de atributos dos conjuntos de entidade instanciados é limitado.

A escolha entre as soluções deve ser feita baseando-se nas características da aplicação, sendo as principais o número de tuplas que ocorrerão no CE Tipo, o número de CR associados ao CE Instância, o número de particularizações dos CE Instância e portabilidade do sistema. Quanto às variações possíveis, deve-se considerar que as mesmas devem ser previstas não apenas na base de dados, mas também na programação correspondente.

A solução adotada para o exemplo apresentado utilizou a segunda solução com cinco atributos (Atrib1 a Atrib5), pois esse número de atributos foi considerado suficiente para representar todos os tipos de identificadores utilizáveis pelo sistema. A programação correspondente utilizou um módulo para interfaceamento com o usuário onde, uma vez escolhido o nome do identificador (TipoIdent.Identificador) este consulta a tabela TipoIdent para localizar os atributos Atrib1 a Atrib5 que têm nome. Para cada um deles, habilita-se um campo de entrada de dados textual, cujo nome é o nome recuperado no atributo correspondente; a seguir, os valores preenchidos pelo usuário são armazenados nos atributos Atrib1 a Atrib5 correspondentes da tabela Identif. A adoção dessa solução também permitiu que Cooperativas trocassem a definição de identificadores particulares quando efetuassem o repasse de beneficiários.

5.4.1.2. Mapeamento do CR de um CE com um CE Instância

Uma vez mapeado o CE Instância, faz-se o mapeamento do CR de maneira semelhante, ou seja, utilizando-se a mesma solução (teórica ou prática). Dessa forma, existem, igualmente, duas soluções para o mapeamento.

Solução Teórica

A maneira indicada pela solução teórica deve, a princípio, mapear o CR criando uma nova relação para cada tupla que ocorrer no CE Tipo. O nome de cada relação criada deve concatenar o nome do CR com o valor da chave da entidade correspondente desse CE Tipo. Os atributos não

chave serão os atributos do CR, e os atributos chave serão os atributos dos CE associados ao CR, incluindo-se aí aqueles do CE Instância.

O procedimento Novo_Identificador foi modificado para incluir em seu final a criação da relação Utilizar da Figura 5.2 correspondente, o que pode ser realizado com o seguinte comando:

```
CREATE PROCEDURE Novo_Identificador
( IN id CHAR (10), IN at1 CHAR (15), IN at2 CHAR (15), IN nota CHAR (60))
BEGIN
    INSERT INTO Tipoident
        (Identificador, Atributo_1, Atributo_2, Nota)
        VALUES (id, at1, at2);
    CREATE TABLE %id
        (Atrib1 CHAR (15), Atrib2 CHAR (15), complemento CHAR (60),
        PRIMARY KEY (Atrib1, Atrib2) );

    CREATE TABLE Utilizar+%id
        (Unimed DECIMAL (4),
        CodBenef DECIMAL (8),
        Atrib1 CHAR (15),
        Atrib2 CHAR (15),
        PRIMARY KEY(Unimed, Codbenef, Atrib1, Atrib2)
        FOREIGN KEY(Unimed, Codbenef)
            Beneficiário REFERENCES (Unimed, Codbenef),
        FOREIGN KEY (Atrib1, Atrib2)
            %id REFERENCES (Atrib1, Atrib2) );

    End
```

Pode-se observar que essa maneira de mapeamento aumenta o número de relações geradas pelo sistema, aspecto que deve ser considerado na escolha do mapeamento mais adequado. Por exemplo, quando existem dois CR associando um CE Instância, cada tupla no CE Tipo correspondente gera duas relações que mapeiam os CR, além da relação que mapeia o CE Instância.

Figura 5.3 – Exemplo de Ocorrência da Classificação de um Agregação com Índice

Cada singular pode definir outras tabelas, podendo existir até mesmo mais de uma por plano contratável, utilizadas simultaneamente. Para tal fim, altera os valores a partir do valor “default” da tabela básica e/ou seleciona cada taxa que pode integrar cada tabela. Essas tabelas “customizadas” são identificadas por um nome, sendo representadas pelo CE Tipo de Tabela na Figura 5.3. Cada tabela é, portanto, uma instanciação da tabela básica, em que o Tipo de Tabela é, de fato, a forma de referência, embora não sendo chave. Devido a esse fato, cada Tipo de Tabela foi denominado índice da tabela. Cada tabela instanciada é representada na pelo CE instância Taxas na Tabela Instância.

Solução Prática

A segunda maneira de mapear o CR cria, a princípio, uma única relação, que pode ser identificada pelo próprio nome do CR. De acordo com o capítulo 4, utilizando-se essa maneira de mapeamento, a relação que mapeia o CR utilizar da Figura 5.2 é definida com o seguinte comando:

```
CREATE TABLE Utilizar
BEGIN
    ( Identificador CHAR (10),
      UNIMED DECIMAL (4),
      CodBenef DECIMAL (8),
      Atrib1 CHAR (15),
      Atrib2 CHAR (15),
      PRIMARY KEY (Identificador, UNIMED, CodBenef, Atrib1, Atrib2)
      FOREIGN KEY (Unimed, CodBenef),
        Beneficiário REFERENCES (UNIMED, CodBenef),
      FOREIGN KEY (Atrib1, Atrib2)
        Tipoident References (Atrib1, Atrib2)
      FOREIGN KEY (Identificador)
        Identif References (Atrib1, Atrib2) );
End
```

5.4.2. Classificação de Agregação onde um dos CEs componentes atua como Índice

Existe uma tabela básica, criada pela Associação Médica Brasileira - AMB, definindo os tipos básicos de taxas aplicáveis, tais como taxa de anestesia, taxa de uso de oxigênio, taxa de colocação/uso de equipamentos em quartos, etc. A coleção de todas as taxas básicas existentes é representada, na Figura 5.3, pelo conjunto de entidades Taxas, que possui como atributo chave o nome da taxa, além de outros atributos não chave, tais como valor da taxa, unidade de medida (tempo de uso, por evento, etc.) e outros.

O construtor classificação mostrado na Figura 5.3 representa justamente o fato, relativamente comum, de que tabelas inteiras podem ser instanciadas, o que teoricamente significa duplicar uma tabela tipo (básica, padrão, etc.). A duplicação nem sempre é uma solução adequada, pois o volume de dados da tabela pode ser bem maior que as alterações feitas em cada instância. Esse é, inclusive, o caso mais usual do estudo de caso apresentado. Assim, o mapeamento efetuado para o construtor de classificação, quando instanciando uma agregação indexada por um dos CE associados pelo CR gerador da agregação, procurou levar essa característica em consideração, sendo a única maneira estudada de mapeamento dessa situação.

O mapeamento dessa situação, de acordo com o explanado no capítulo 4, consiste na criação de quatro tabelas:

```
CREATE TABLE Tipo de Tabelas (  
    Codigo INTEGER,  
    Nome_taxa CHAR (15),  
    PRIMARY KEY (codigo) );
```

```
CREATE TABLE Taxas (  
    Codigo INTEGER,  
    Nome CHAR (15),  
    Atrib1 INTEGER  
    Atrib2 INTEGER,  
    PRIMARY KEY (codigo) );
```

```
CREATE TABLE Taxas Instância (  
    Codigo INTEGER,  
    Nome CHAR (15),  
    Atrib1 INTEGER, Atrib2 INTEGER,  
    PRIMARY KEY (codigo) );
```

```
CREATE TABLE DefTabelas (  
    Codigo_tabela INTEGER,  
    Codigo_padrao INTEGER,  
    Codigo_instancia INTEGER,  
    PRIMARY KEY (codigo_tabela, codigo_padrao)  
    FOREIGN KEY (codigo_tabela) REFERENCES Tipo de Taxas (codigo)  
    FOREIGN KEY (codigo_padrao) REFERENCES Taxas (codigo)  
    FOREIGN KEY (codigo_instancia) REFERENCES Taxas Instância (codigo) );
```

A estrutura das tabelas Taxas e Taxas Instância é a mesma, o que corresponde ao conceito teórico que cada tabela instância deve ser uma cópia da tabela básica, com cada tupla alterada de acordo com a necessidade da instância. No entanto, em vez de se criar uma tabela para representar cada tabela médica instanciada, optou-se pela criação de apenas uma tabela adicional (Taxas Instância), que armazena todas as tuplas (taxas) modificadas a partir da tabela básica, independentemente da tabela instância a que pertençam. Através da criação da tabela DefTabelas faz-se a ligação entre as taxas modificadas e as tabelas instância que as geraram. Assim, uma tabela instância não precisa incluir as tuplas que não foram alteradas e que portanto coincidem com as tuplas da tabela básica a partir da qual foram criadas. Somente armazena-se, adicionalmente, as tuplas alteradas.

Assim, a tabela DefTabelas atua como um pivô, indicando para cada tabela as taxas incluídas e se cada taxa é a mesma da tabela básica ou foi alterada nessa tabela. Assim, sempre que uma nova tabela instanciando a tabela básica é criada, cria-se uma coleção de tuplas na tabela DefTabelas, uma para cada taxa da tabela básica, ligando o código da nova tabela aos códigos das taxas básicas. Nota-se que, nesse ponto, o atributo código instância recebe o mesmo valor do código padrão, indicando que a tupla não está instanciada, ou seja, que a taxa deve ser obtida a partir da tabela básica. Quando alguma tupla de determinada tabela instância é modificada, o atributo código instância é modificado para indicar a nova tupla (a original nunca é alterada) na tabela Taxas Instância

5.5. Considerações Finais

O presente estudo de caso mostra que determinadas necessidades práticas podem guiar o desenvolvimento teórico de recursos que se mostram necessários, validando conceitos que ainda estão em fase de estudo e consolidação. Além disso, os casos da abstração de classificação ilustrados são os mais comuns, significativos para a sua própria divulgação.

Da utilização da abstração de classificação no sistema alvo, pode-se dizer que conduziu a um projeto mais simples e mais próximo da realidade que modelou, de manutenção facilitada compensando o aumento de complexidade semântica do modelo de dados utilizado.

Capítulo 6: Conclusão

6.1. Contribuições deste Trabalho

- Criação de um modelo prático, semelhante ao muito conhecido ME-RX, incluindo um construtor semântico que permite a representação da abstração de classificação.
- Criação de uma notação prática e intuitiva para o construtor de classificação.
- Criação de regras para o mapeamento da classificação para o Modelo Relacional nos casos mais frequentes da ocorrência da classificação em modelo conceitual (ME-R-C). Esses mapeamentos cobrem não apenas o caso imediato da classificação ocorrendo isoladamente, classificando um CE, mas também associada com os construtores semânticos de agregação e conjuntos de relacionamentos do modelo.
- Identificação do caso relativamente comum de classificação, em que as instâncias são identificadas por um índice.
- Suporte à manutenção de tabelas instanciáveis em implementação relacional.

Em muitas situações ocorre a necessidade de uma tabela indicar o conjunto de valores possíveis para um determinado atributo. Normalmente, quando esses valores são atômicos, ou pelo menos simples, essas situações são tratadas através de relacionamentos de integridade referencial. No entanto, se o tipo de dado envolvido é complexo, a manutenção da informação pode se tornar muito complexa. Esse é o caso de quando o tipo de dado é uma tabela. Um exemplo é a venda de produtos em uma ampla rede de concessionárias. A princípio, a tabela de preços deve ser única, mas para manter a competitividade, cada concessionária deve ter a liberdade de modificar os preços, por exemplo baixando o preços daqueles produtos produzidos em sua região. Nesse caso, existe uma tabela básica, da qual todas as demais são instâncias. De fato, os preços da tabela básica são valores “default”, pois são copiados em cada instância feita a partir da tabela básica e não são valores herdados. Note-se que as tabelas de cada concessionária seguem as definições da tabela básica - que

portanto atua como tabela tipo. Por outro lado, a tabela de uma concessionária não é a tabela básica, dado que a alteração de um valor na tabela da concessionária não muda o valor da tabela básica. Esse tipo de problema, quando ocorre em situações reais de projeto, tem levado a soluções locais, que com frequência posteriormente não se mostram adequadas. A solução proposta neste trabalho leva em conta todas as componentes estruturais desse tipo de problema e apresenta a solução de implementação consistente com seu significado real. Além disso, essa solução permite simplificar o tratamento que deve ser dado a ela, minimizando também o volume de dados que precisa ser armazenado. Isso contribui tanto para facilitar a manutenção do sistema, quanto para minimizar problemas de inconsistência de dados.

- Demonstração da praticidade da solução apresentada, através da aplicação em um estudo de caso real.

A caracterização da abstração de classificação depende de um conjunto de conceitos que devem inicialmente ser tratados com um mínimo de rigor, para definir adequadamente o problema. Esse rigor está presente nos trabalhos que a envolvem, mas até agora isso tem levado ao não reconhecimento da necessidade da Abstração de Classificação por profissionais atuantes na área, que procuram soluções práticas para os problemas do dia a dia. Neste trabalho, utiliza-se um caso real de implementação de sistemas de administração, e mostra-se pelo menos três casos em que a classificação ocorre num mesmo sistema. Em todos os casos, as soluções teóricas indicadas pelo estudo efetuado se mostraram corretas e mais precisas do que as soluções locais inicialmente concebidas.

6.2. Conclusões

- A classificação ocorre com relativa frequência em casos reais, mas não é bem suportada em nenhum modelo com ampla aceitação no meio profissional de produção de software.
- Isso obriga o projetista a usar outros construtores, originando sobrecarga semântica e problemas durante o desenvolvimento e a manutenção do sistema.

- Em geral o projetista usa a abstração de generalização para substituir a falta de um construtor para a classificação. Isso tem se tornado prática tão comum que a própria formação dos projetistas tem sido comprometida, dificultando o tratamento adequado da classificação.
- Não existe ferramental, nem teórico nem prático para suportar a classificação, em particular em modelos de dados; ferramentas de projeto e desenvolvimento de software; linguagens de programação; sistema de interface com o usuário; sistemas de gerenciamento de base de dados.
- Este trabalho procurou desenvolver um suporte básico para a classificação em modelos de dados e em sistemas de GBD. Os resultados são os listados na seção contribuições.

6.3. Sugestões para Futuras Pesquisas

- Estender os métodos de mapeamento para incluir a generalização e suporte a atributos multi-valorados.

Não foi efetuado o estudo de como deve ser realizado o mapeamento da classificação quando uma entidade é especializada, ou é uma especialização de outra. Conceitualmente, é admissível que um tipo de entidade genérico possa ser tanto classificável quanto instância de outro tipo. Igualmente, um tipo especializado pode também ser tanto classificável quanto instância de outro tipo. Assim, existem quatro possibilidades de interação da abstração de generalização com a de classificação, que devem ser estudadas para complementar aquelas apresentadas neste trabalho. Nenhuma delas ocorre no estudo de caso, portanto a frequência com que tais situações ocorrem em casos reais não foi avaliada. No entanto, por uma questão de completeza teórica, esse estudo deveria ser eventualmente empreendido.

- Implementar uma ferramenta que automatize o processo de mapeamento da classificação.
- Desenvolver uma linguagem de especificação de classificação, para permitir estender o SQL para aceitar comandos que emulem a classificação (tal como existem extensões ao SQL (vide SQL3) para suportar generalização).

- Avaliar como sistemas de interface com o usuário podem suportar classificação, integrando os recursos apresentados neste trabalho para que SGBDs a suportem.

Para que um sistema seja implementado, as construções derivadas de ocorrências de classificação devem ser suportadas por todos os seus componentes. Um dos componentes vitais dos atuais sistemas de computação é o Sistema de Gerenciamento de Interfaces com o Usuário. Se múltiplos níveis de classificação ocorrem nos dados manipulados, e esses dados devem ser visualizados e informados pelo usuário, então devem haver recursos no SGIU para suportar a classificação também. Situações mais simples, como as abordadas neste trabalho como soluções práticas, podem ser atendidas pelos atuais SGIUs sem grandes manobras por parte dos aplicativos. Porém nos casos em que essas soluções não forem possíveis para os dados, também não serão possíveis de serem atendidas pelos atuais gerenciadores. A identificação precisa da situação em que isso ocorre é quando existem atributos extras. Nesse caso, o sistema deve prover recursos para incluir cada atributo nas operações de entrada e saída do sistema. Tal como todas as informações de definição de dados de cada atributo extra devem ser incluídas no mapeamento para o Modelo Relacional, todos os parâmetros que definem o comportamento nas operações de entrada e saída de cada atributo devem ser registrados para o SGIU.

- Avaliar como a classificação pode ser suportada em Linguagens de programação.

As mesmas considerações feitas no tópico anterior valem para as linguagens de programação. No entanto como estas são extremamente flexíveis, não existe uma razão pela qual a classificação não possa ser utilizada pelos compiladores atuais. O ponto para o qual se chama a atenção aqui é que embora seja possível implementar a classificação utilizando as ferramentas de programação atuais, isso não significa que o suporte para facilitar/orientar essa programação exista. Essa linha de pesquisa deve levar à unificação do suporte oferecido pelas outras linhas (SGBDs, SGIUs, etc.), e de outros conceitos. Por exemplo, essa pesquisa deve levar em conta que objetos tipo e objetos instância devem coexistir em tempo de compilação e em tempo de execução, servindo portanto de base para a integração conceitual das atuais atividades em objetos persistentes em LP.

- Avaliar a classificação em ambientes distribuídos.

A maior fonte de ocorrência da classificação verificada no estudo de caso, bem como em outros sistemas que se encontram na literatura, ocorre quando o sistema nitidamente apresenta “partes” que são por sua vez instanciadas, com gerenciamento descentralizado mas ainda existindo a necessidade de manter um grau razoável de integração entre elas. Essa situação é típica do estudo de caso, onde cada cooperativa médica é completamente independente das demais, mas ainda mantém o interesse de refletir um comportamento integrado. O mesmo ocorre no exemplo das concessionárias, que será usado aqui para efeito de ilustração. Dada essa característica, as soluções que têm sido dadas nos casos práticos avaliados podem ser classificadas em duas:

- 1) não se representa a classificação. Nesse caso, cada instância do sistema mantém suas instâncias dos dados, e não existe uma representação “centralizada” para o tipo;
- 2) cada caso é tratado localmente, utilizando-se outras abstrações, em geral a generalização ou a composição para dar uma solução que é, na maioria das vezes, restritiva.

Com o crescente interesse em sistemas de apoio a tomada de decisão, ignorar o problema como no caso 1) não é mais possível. O segundo caso é caro demais para continuar sendo tratado isoladamente. Em ambos os casos, o meio de integração ocorre em sistemas distribuídos. Assim, o suporte da classificação em operações e atividades próprias de ambientes distribuídos passam a ser importantes. Essas necessidades correspondem à troca de informações entre os centros de tomada de decisões e as unidades operacionais dos empreendimentos. Dessas considerações fica claro que uma das principais frentes de trabalho visando a introdução do suporte da abstração de classificação corresponde ao desenvolvimento de sistemas distribuídos.

Referências Bibliográficas

Referências Citadas

- [BIAJIZ_92] Biajiz, M. - *MRO* - Uma atualização do Modelo de Representação de Objetos e uma Abordagem Formal*. Dissertação de mestrado apresentada ao ICMC-USP, julho de 1992.
- [BIAJIZ_96] Biajiz, M. - *Representação de Modelos de Dados Orientados a Objetos através de Parametrização de Abstrações*. Tese de Doutorado apresentada ao IFSC - USP, São Carlos.
- [CERI_92] Batini, C.; Ceri, S.; Navathe, S. B. - *Conceptual Database Design: An Entity-Relationship Approach*, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. 1992.
- [CHEN_76] Chen, Peter P. S. - *The Entity-Relationship Model - Toward a Unified View of Data*. ACM Transactions on Database Systems, vol 1, nº 1, p. 9-36, March 1976.
- [DAHCHOUR_98] Dahchour, M. - *Formalizing Materialization Using a Metaclass Approach*. 10th Int. Conf. on Advanced Information Systems Engineering, CAISE'98, LNCS 1413, p. 401-421, Pisa, Italy, June 1998.
- [ELMASRI_94] Elmasri, R. e Navathe, S.B. - *Fundamentals of Database Systems*. Addison-Wesley Publishing Company, 1994.
- [GOMES_99] Gomes, Larissa P. S. - *Método para Projeto de Aplicativos centrados em BDOO utilizando Abstração de Generalização*. Dissertação de mestrado apresentada ao ICMC-USP, agosto de 1999.
- [HULL_87] Hull R. e King R. - *Semantic Database Modeling: Survey, Applications and Research Issues*. ACM Computing Surveys, Vol.19, Nº 3, pg. 201-259, September 1987.
- [LOUCOPOULOS_94] Loucopoulos, P. (Ed.) *Entity-Relationship Approach - ER'94*, Springer-Verlag Lecture Notes in Computer Sciences, 1994.
- [PIROTTE_94] Pirotte, Alain; Zimányi, Esteban; Massart, D. and Yakusheva, T. - *Materialization: a powerful and ubiquitous abstraction pattern*. In 20th Int. Conf. on Very Large Data Bases, VLDB'94, p. 630-641, Santiago, Chile, 1994.

- [PIROTTE_97] Pirotte, Alain; Zimányi, Esteban – *Generic Relationship in Information Modeling*. In EDBT Summer School, Capri, Italia, Setembro 1997.
- [TAIVALSAARI_96] Taivalsaari, Antero – *On the Notion of Inheritance*. ACM Computing Surveys, vol 28, nº 3, p. 439-479, September 1996.
- [TRAINA_88] Traina Jr., C. e Slaets, J.F.W. - *Um Modelo de Representação de Objetos*. In Anais do 3o. Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, Recife, pg. 227-242, Março de 1988.
- [TRAINA_91] Traina Jr., C. - *GEO - Um Sistema de Gerenciamento de Dados Orientado a Objetos - Estado Atual de Desenvolvimento e Implementação*. Anais do 6o. Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, Manaus, 1991.
- [TRAINA_92] Traina Jr., C. - *Notas de Aula*. ICMC-USP, 1992.
- [TRAINA_94] Traina Jr. C.; Traina, A. J. M.; Biajiz, M. - *O Papel da Abstração Instanciação em um Meta-Modelo de Abstrações para BDOO*, In Anais do IX Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, São Carlos - S.P., pg. 173-187, Setembro de 1994.
- [TRAINA_98] Traina Jr., C.; Ferreira, J. E. - *Notas de Aula*. ICMC-USP, 1998.

Bibliografia Adicional

- Camolesi Jr., L.; Traina Jr., C. - *Tratamento de Múltiplos Aspectos de Projetos através de um Gerenciador de Esquemas de Dados para Modelos Orientados a Objetos*. Anais do VIII Simpósio de Banco de Dados, Campina Grande - PB, maio de 1993.
- Cattell, R.G.G. - *Object Databases and Standards*. Lectures Notes in Computer Science, nº 940, pg. 1-11, 1995.
- Dimitris N. Chorafas - *Manufacturing Databases and Computer Integrated Systems*. pp.320, Crc Press,Inc./Lewis Publishers, 1993.
- Ferreira, J. E., Traina Jr., C. - *Distribution Aspects in Databases for Project Support Enviroments*. In Anais of the XII International Conference of the Chilean Computer Science Society, Santiago do Chile, October 1992.
- Gamma, Erich; Helm, Richard; Johnson, Ralph; Vlissides, John - *Design Patterns - Elements of Reusable Object Oriented Software*, Addison-Wesley Professional Computer Series.

- Kog, T.W.; Ooi, B.C.; Ho, Y.S. - *A Model Using Classes as a Basic Organization Tool**. Lectures Notes Computer Science, nº 760, pg. 429 a 443, 1994.
- Liddle, S. W. ; Embley, D. W.; Woodfield, S N. - *A Seamless Model for Object-Oriented Systems Development*. Lectures Notes in Computer Science, nº 858, pg. 123 a 141., September 1994.
- McLeod D. e Hammer M. - *Database Description with SDM: A Semantic Database Model*. ACM Transaction on Database Systems, Vol.6, Nº3, September 1981, Pg. 351-386.
- Navathe, S.B. - *Evolution of Data Modeling for Databases*. Communications of The ACM, vol.35, nº9, pg. 112-123, Setembro 1992.
- Rieu, D.; Nguyen, G.; Culet, A ;Escamilla, C. - *Instanciation multiple et classification d'objets*. In Septième journées Bases de données Avancées, Lyon, France, 1991.
- Ruiz, D.D.A. - *Generalização e Agregação de Atividades: Conceitos Clássicos aplicados à Representação Dinâmica de Aplicações de Escritório*. In 10º Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, pg.229- 224, Outubro de 1995.
- Sciore, E. - *Object Specialization*. ACM Transactions on Information Systems, vol.7, nº2, pg. 103-122, Abril 1989.
- Sheck, H. e Shcoll M. H. - *Evolution of Data Models*. In Lecture Notes In Computer Science, Vol.466, pg. 135-153, 1990.
- Su, S.Y.W. - *Modelling Integrated Manufacturing Data with SAM**. IEEE Computer, Vol.19, Nº1, Janeiro 1986, pg.34-39.
- Takai, O. K. - *Estudo Sobre a Representação de Atributos com Características Gráficas em uma Base de Dados Orientada a Objetos*. Dissertação de mestrado apresentada ao ICMC-USP, março de 1993.
- Traina Jr., C. - *Máquina e Modelo de Dados Dedicados para Aplicações em Engenharia*. Tese de Doutorado, IFQSC-USP, dezembro de 1986.
- Zand, M.; Collins, V.; Caviness, D. - *A Survey of Current Object-Oriented Databases*. Database Advances, Vol.26, nº 34, pg. 14-29, Fevereiro de 1995.
- Zhao, L. and Roberts, S.A - *An Object-Oriented Data Model for Database Modelling, Implementation and Access*. The Computer Journal, vol. 31, nº 2, 1988.