

## **Componentes Básicos de um Modelo Relacional de Dados para a Gestão Florestal**

**Silvana R. Nobre\*, Luiz C. E. Rodriguez\*\*, Luiz E. S. Silveira\* e Gustavo  
D. O. Simões\***

\* Investigadores

Athena Sistemas de Gestão em Recursos Florestais. Rua Treze de Maio, 768, Sala 21 -  
Piracicaba, SP 12400-300 BRASIL

\*\* Professor

Universidade de S. Paulo. Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'. Av.  
Pádua Dias, 11 - Piracicaba, SP 13418-900 BRASIL

**Sumário.** Os gestores de recursos florestais administram grande quantidade de informações, que são a base do seu processo de tomada de decisões. A própria natureza da actividade florestal implica a geração contínua de dados que alimentam grandes bases de dados, criando fluxos de informações que precisam ser compreendidos para serem adequadamente administrados. Para organizar e manter todas essas informações, os técnicos da área de tecnologia constroem modelos para representar a parte do mundo real necessária para gerir os serviços dos seus clientes. No caso florestal essa tarefa não tem sido trivial, e várias são as tentativas de modelagem e de criação de padrões. O modelo de construção de bancos de dados mais largamente usado é o relacional. Na fase inicial da modelagem de um banco de dados relacional utilizam-se conceitos abstractos que constituem uma figura envolvendo entidades e relacionamentos (E-R). Este trabalho aplica esse conjunto de conceitos à modelagem da parte do mundo real que gere os recursos florestais de uma empresa florestal dedicada à produção de madeira. São apresentadas quatro faces dessa realidade em um exercício de modelagem: (i) o histórico do talhão florestal em termos de ciclos e rotações florestais e as intervenções de colheita são modelados através de conceitos de "dependência de existência"; (ii) a caracterização dos talhões quanto ao tipo de solo, por exemplo, é modelada através de padrões de relacionamento do tipo "muitos-para-muitos"; (iii) vários conceitos florestais e seus relacionamentos com os talhões que podem ser modelados seguindo uma padronização de relacionamentos entre entidades do tipo "conceito"; e (iv) as intervenções silvícolas são modeladas com o auxílio de "agregações" e "generalizações". Mostra-se que as estruturas lógicas apresentadas podem ser usadas para a construção de um flexível e prático modelo florestal de dados.

**Palavras-chave:** modelo de base de dados; base de dados florestais

**Abstract.** Forest resource managers deal with a large amount of data to support their decisions. Forestry operations produce data that are continuously stored in data banks, creating flows of information that must be comprehended to be adequately managed. Information technology experts, to organise, maintain and provide good services to clients of this information, build models representing the real world. This task is not trivial when treating forestry issues, and

several models and patterns have been suggested. One of the most widely used model technique is the relational model. In an initial phase, abstract concepts are created to result in an entity-relationship (E-R) figure. In this paper we apply a special set of concepts to model part of the real world of a forest company dedicated to the production of wood. Four realities are presented to create a modelling exercise: (i) history of cycles and rotations of a forest management unit is modelled by the concept of "existence tendencies"; (ii) the characterisation of a forest management unit according to soil type, for instance, is modelled by relational patterns called "generalisation"; (iii) stratification criteria and the forest management units are modelled according to relational patterns called "conceptual"; and (iv) silvicultural interventions are modelled with the help of "aggregations" and "generalizations". It is shown that the logical structures presented in this paper can be used to build a flexible and practical forest data model.

**Key word:** database model; forest database

**Résumé.** Les directeurs de ressource de forêt traitent une grande quantité de données pour soutenir leurs décisions. Les opérations de sylviculture produisent des données qui sont, sans interruption, stockées dans les bases de données, créant des flux d'information qui doivent être compris pour être contrôlés en juste proportion. Les experts en matière de technologie de l'information, pour organiser, maintenir et fournir de bons services aux clients, construisent à partir de cette information des modèles pour représenter le vrai monde. Cette tâche n'est pas insignifiante en matière de sylviculture, et plusieurs modèles et normes ont été suggérés. Le modèle de la construction des bases de données le plus utilisé est le relationnel. Dans une phase initiale, des concepts abstraits sont créés pour avoir comme conséquence un chiffre d'entité-rapport (E-R). Dans cet article nous appliquons un ensemble spécial de concepts ayant pour modèle une part du vrai monde d'une compagnie de transformation du bois. Quatre réalités sont présentées pour créer un exercice modelant: (i) l'histoire des cycles et des rotations d'une unité de gestion de forêt est modelée par le concept de "dépendance d'existence"; (ii) la caractérisation d'une unité de gestion forestière selon le type de sol, par exemple, est modelée par des modèles appelés "multiples"; (iii) des critères de stratification et les unités de gestion forestières sont modelées par des modèles appelés "conceptuels"; et (iv) les interventions forestières sont modelées avec l'aide des "aggrégations" et des "généralisations". Les structures logiques présentées dans cet article peuvent être employées pour construire un modèle pratique et flexible de données de forêt.

**Mots clés :** modèle de base de données; base de données de forêt

### Introdução

Os gestores de empresas florestais normalmente administram grande quantidade de informações, que suportam suas decisões de curto e longo prazo. A natureza da actividade florestal implica a geração contínua de dados que alimentam as mesmas bases de dados, fechando um círculo de informações que precisam ser compreendidas para serem administradas.

No ponto central desse banco de

dados estão as unidades de produção florestal, normalmente chamadas de talhões, que são controladas e tem seus dados utilizados para planejamento e controle de custos e operações a curto e longo prazo. As empresas florestais possuem milhares delas, sobre elas fazem inúmeros controles e o planejamento diz respeito a elas: quando colher, como colher, o que plantar e como manejar. As milhares de unidades florestais são o centro de um banco de dados que precisa captar toda a complexidade

dos ecossistemas florestais, e organizar as informações de tal forma a atender a demanda de usuários de várias áreas: pesquisadores, planejadores, órgãos fiscalizadores do meio ambiente, instituições governamentais e economistas.

Por causa dessa complexidade, a tarefa de organizar as informações de modo a que possam suportar as decisões dos gestores florestais tem absorvido grande esforço das equipes de profissionais das áreas de apoio tecnológico das empresas florestais (MIRAGAIA *et al*, 1999).

O modelo de construção de sistemas de bancos de dados está em constante evolução, sendo entretanto o mais aceito e usado comercialmente hoje o Modelo Relacional, que representa dados por um conjunto de tabelas, também chamadas de relações. Na etapa do projecto da construção de um banco de dados relacional utilizam-se as ferramentas conceituais e os níveis de abstracção do Modelo Entidade-Relacionamento (E-R) (DATE, 1991 e SETZER, 1990).

O modelo E-R foi desenvolvido para facilitar o projecto do banco de dados permitindo a especificação de um esquema lógico que represente a realidade da empresa. O projectista do banco precisa conhecer a realidade florestal e construir um modelo, o mais próximo possível da realidade. Sabe-se que os modelos são apenas aproximações da realidade, entretanto a realidade acontece e os bancos de dados precisam armazenar informações sobre ela (SETZER, 1990). Conclui-se que os projectistas de bancos de dados devem encontrar uma forma racional entre a complexa realidade e a simplificação de um modelo E-R de tal forma que o banco de dados resultante apoie o gestor em suas necessidades de informação.

Esse trabalho tem como objectivo aplicar os conceitos do Modelo Entidade-Relacionamento à solução de problemas de representação da realidade florestal em bancos de dados. Em primeiro lugar são apresentados brevemente os princípios teóricos do modelo E-R, em seguida são apresentadas quatro faces da realidade florestal e seus modelos propostos. Os modelos são justificados e discutidos à luz da teoria servindo como base para os projectistas de bancos de dados e gestores florestais.

### Modelo Entidade - Relacionamento

O modelo de dados *entidade-relacionamento* é baseado na percepção do mundo real que consiste em um conjunto de objectos básicos chamados *entidades* e nos *relacionamentos* entre esses objectos (KORTH e SILBERSCHATZ, 1995).

Nessa secção apresentam-se todos os conceitos básicos necessários para a construção e compreensão dos modelos florestais apresentados na secção seguinte.

#### *Entidades*

Segundo SETZER (1990), os objectos do mundo real são os seres, os fatos, as coisas e os organismos sociais e a distinção e compreensão desses objectos é o início do processo de modelagem de um banco de dados.

Uma *entidade* é a representação de um desses objectos que existe e é distinguível dos outros objectos. Uma *entidade* pode representar um objecto concreto, como uma pessoa ou um livro, ou pode representar um fato ou um conceito. Um conjunto de entidades é um conjunto com entidades do mesmo tipo. O conjunto de todas as pessoas com conta num banco, por exemplo, pode ser

definido como o *conjunto de entidades cliente*.

Uma *entidade* é representada por um conjunto de *atributos*. Possíveis atributos para o conjunto de entidades *cliente* podem ser *nome*, *endereço* e *cpf*. Possíveis atributos para um conjunto de entidades *conta* são *número-conta* e *saldo*. Para cada atributo existe um conjunto de valores permitidos chamado *domínio*. O domínio do atributo *nome* pode ser o conjunto de todas as cadeias de texto de um certo tamanho e do atributo *número-conta* pode ser o conjunto de todos os inteiros positivos.

Um banco de dados inclui uma coleção de *conjuntos de entidades*, cada qual contendo qualquer número de entidades do mesmo tipo (KORTH e SILBERSCHATZ, 1995; DATE, 1991).

Alguns atributos podem também ser entendidos como entidades, por exemplo, a agência de uma conta. Essa identificação de entidades e atributos não é trivial e quanto mais desdobramentos fazemos em um modelo mais complexidade acrescentamos a ele, isto é, quanto mais atributos transformamos em entidades, mais complexo se torna o banco de dados.

#### *Relacionamentos*

Um *relacionamento* é uma associação entre diversas entidades. De forma análoga aos conjuntos de entidades, um *conjunto de relacionamentos* é uma coleção de *relacionamentos* do mesmo tipo. A maioria dos *conjuntos de relacionamentos* num sistema de banco de dados são binários, isto é, relacionam apenas duas entidades. E muitos não binários podem ser reduzidos a relacionamentos binários.

A função que um *relacionamento*

exerce em uma entidade é chamada de *papel*. Os *papéis* são normalmente implícitos, por isso não são especificados. Existem muitos casos em que é necessário especificar os papéis para que o modelo seja compreendido.

Os *relacionamentos* também podem ter atributos descritivos, como as entidades. Tanto um conjunto de entidades como um *conjunto de relacionamentos* não são precisos, e a forma de diferenciar as entidades entre si dentro de um conjunto de entidades é a definição de seus atributos. O mesmo acontece com um *conjunto de relacionamentos*.

#### *Restrições dos relacionamentos*

Num conjunto de relacionamentos o número de entidades às quais outra entidade pode estar associada é chamado de *cardinalidade*. Para um conjunto de relacionamentos binário entre conjuntos de entidades A e B, a cardinalidade pode ser uma das seguintes (SETZER, 1990):

Um-para-um: Uma entidade A está associada a no máximo uma entidade B, e uma entidade B está associada a no máximo uma entidade A.

Um-para-muitos: Uma entidade A está associada a qualquer número de entidades de B. Uma entidade de B está associada a no máximo a uma entidade de A.

Muitos-para-muitos: Uma entidade de A está associada a qualquer número de entidades de B, e uma entidade de B pode estar associada a qualquer número de entidades de A.

Obviamente, a cardinalidade de um conjunto de relacionamento é dependente do mundo real que está sendo modelado.

Outra forma de relacionamento entre

entidades é a *dependência de existência*. Se a existência da entidade  $x$  depende da existência da entidade  $y$ , dizemos que  $y$  é uma entidade dominante e  $x$  é uma entidade subordinada. Se a entidade  $y$  é eliminada, a entidade  $x$  também é.

#### *Chaves*

Uma entidade se distingue de outra do mesmo conjunto de entidades pelos seus atributos. Um conjunto de um ou mais atributos, que tomados em conjunto, permitem-nos identificar unicamente uma entidade, é chamado de *superchave*. Se existe uma *superchave* em que nenhum subconjunto dela é também uma *superchave*, dizemos que essa *superchave mínima* é uma chave *candidata*. A chave candidata escolhida pelo projectista para identificar as entidades de um conjunto é chamada de *chave primária*.

As entidades subordinadas normalmente não possuem um conjunto de atributos para formar uma chave candidata. Essas entidades são chamadas de entidades fracas. As entidades que possuem atributos para formar uma chave candidata são chamadas de entidades fortes. Para que um conjunto de entidades fracas tenha significado, ele deve possuir um relacionamento um-para-muitos com uma entidade forte. A chave primária é, então, composta da chave primária da entidade forte mais o seu discriminador.

Os conjuntos de relacionamentos também possuem chaves. A estrutura das chaves depende da cardinalidade do relacionamento e da semântica dependente do mundo real que o modelo representa. Os relacionamentos muitos-para-muitos normalmente possuem chave primária composta das chaves

primárias das entidades relacionadas.

#### *Generalização e agregação*

Os conceitos de generalização e agregação apoiam e facilitam o projectista na tarefa de representação da realidade e se apoiam sobre os conceitos de entidades e relacionamentos expostos até então.

A *generalização* é usada para enfatizar semelhanças entre tipos de entidades e ocultar suas diferenças. A entidade que representa a generalização é chamada de entidade de nível superior. As entidades que representam as diferenças são chamadas de entidades de nível inferior. Na entidade de nível superior ficam os atributos comuns, nas de nível inferior ficam os atributos específicos das entidades semelhantes. A *generalização* é um relacionamento entre as entidades de nível superior e as entidades de nível inferior.

SETZER (1990) utiliza esse conceito para trabalhar com entidades do mundo real que se subdividem em categorias e que tem atributos parcialmente distintos.

A *agregação* é um conceito que supera uma limitação do modelo E-R que não permite o relacionamento entre conjuntos de relacionamentos. A *agregação* é uma abstracção por meio da qual um relacionamento é tratado como uma entidade de nível superior. Cria-se, então, um relacionamento dessa entidade com uma terceira entidade. A agregação estende o modelo E-R e considera um conjunto de relacionamento como um conjunto de entidades, e este passa a se comportar como uma entidade, se relaciona com outros conjuntos de entidades e "agrega" todos os atributos das entidades que deram origem a agregação (SETZER, 1990).

### *Representação gráfica*

Os modelos de dados são apresentados de forma gráfica e seus elementos são assim representados:

Conjuntos de entidades: Rectângulos

Conjuntos de entidades fracas:  
Rectângulos com linha dupla

Conjuntos de relacionamentos:  
Losangos

Papéis: Palavras escritas sobre linhas que ligam as entidades aos relacionamentos.

Atributos: Elipses ligadas aos rectângulos ou losangos por linhas.

### *Redução dos modelos E-R a tabelas*

Um projecto de banco de dados de acordo com o modelo E-R pode ser criado fisicamente em um sistema gerenciador de banco de dados que implementa o modelo relacional. Para cada conjunto de entidades e conjunto de relacionamentos é criada uma tabela no banco relacional. Em geral, os relacionamentos um-para-muitos não geram tabelas no banco relacional. Cada tabela tem um número de colunas que representam os atributos das entidades e relacionamentos. São criados os domínios dos atributos com o auxílio dos tipos de dados. E assim o modelo E-R se materializa em banco relacional.

O escopo do presente trabalho termina com a apresentação dos modelos E-R e não se preocupa com a etapa seguinte que é redução do modelo E-R a tabelas.

### **Realidade Florestal - Descrição e solução com base no Modelo E-R**

Uma empresa de produtos florestais é o contexto dos modelos propostos neste

trabalho. Segundo FORESTRY SPATIAL INTEREST GROUP (2000) as funções de uma empresa como esta podem ser vistas como uma cadeia de produção que administra restrições de espaço, de tempo e de recursos. São empresas que administram os recursos florestais como um negócio, com ênfase na eficiência de produção de madeira.

FORESTRY SPATIAL INTEREST GROUP (2000) e MIRAGAIA (1996) apresentam esboços de modelos de dados para essas empresas. Ambos apresentam o talhão ou a unidade de gestão como o centro do modelo e agrupam os diversos dados florestais em grupos distintos. Ambos concordam que o modelo de dados define o sucesso da utilização da base de dados.

O propósito desse trabalho é contribuir no sentido de dar base à tarefa de modelagem de dados florestais, complementando os estudos em andamento nesse sentido ao aplicar os conceitos do modelo Entidade-Relacionamento à representação da realidade florestal.

São apresentadas nesta secção quatro faces dessa realidade para um exercício de modelagem: (i) O histórico dos talhões florestais, isto é, os ciclos e rotações do povoamento florestal que ocorrem sobre os talhões, e as várias intervenções de colheita, modelados com a utilização dos conceitos de dependência de existência; (ii) Várias características dos talhões necessárias ao planejamento da colheita e da silvicultura modelados com padrões de relacionamento muitos-para-muitos; (iii) Vários conceitos florestais e seus relacionamentos com os talhões que podem ser modelados seguindo uma padronização de relacionamentos entre entidades do tipo conceito; e (iv) a silvicultura que deve ser modelada com o auxílio dos

conceitos de agregação e generalização.

*Histórico dos talhões florestais: Ciclos, Rotações e Intervenções*

O cadastro florestal é conhecido no meio florestal como o conjunto dos dados referentes às unidades de produção florestal. Manter o cadastro actualizado normalmente envolve uma equipe de técnicos florestais e da área de tecnologia da informação, dependendo da complexidade do cadastro requerida e do tamanho da empresa.

O cadastro florestal é uma das bases para as decisões que envolvem a floresta: operações a serem realizadas, colheita, plantios, compras de terra, e vendas de madeira, melhoramento genético, manejo adequado de solo. Os gestores e pesquisadores querem conhecer a influência de manejos anteriores sobre variáveis actuais, buscam cruzamentos de informações. Por isso o cadastro é composto das informações actuais e das informações dos ciclos e rotações anteriores.

O "histórico" é conhecido como o conjunto dos dados referentes aos ciclos e rotações anteriores das unidades de produção florestal. A recuperação dos dados do histórico é sempre complexa pela forma de representação adoptada. Em geral representa-se o "talhão" e o "talhão histórico". São guardados em meios físicos separados dependendo do modelo de banco de dados utilizado.

Quando um novo ciclo ou uma rotação se inicia num talhão abre-se um novo talhão e guarda-se a informação do ciclo ou rotação anterior no local chamado "talhão histórico".

Mas isso não corresponde à realidade florestal. O talhão continua existindo, o que ocorreu foi a abertura de um novo ciclo ou de uma nova rotação. Por esse

motivo, baseado no Modelo E-R propõe-se uma nova forma de representação fundamentada nos fatos seguintes.

Sobre o talhão: O talhão é um entidade dominante, concreta e forte.

- Dominante porque existe independentemente da existência de qualquer outra entidade.

- Possui atributos que o identificam unicamente como o número do talhão, por isso é uma entidade forte.

- É uma entidade concreta pois é um objecto identificável do mundo real.

Sobre os Ciclos da Floresta: O Ciclo é uma entidade subordinada, dependente da existência do talhão, conceitual e fraca.

- O Ciclo é um conceito florestal que representa um evento que ocorre sobre um talhão. Esse evento tem início com uma implantação ou uma reforma e termina com uma reforma. Tem início no início do plantio e termina imediatamente antes do próximo plantio.

- Dependem da existência do talhão, isto é, ocorrem sobre os talhões.

- Os ciclos também são entidades fracas pois é necessário utilizar a chave do talhão para identificar um ciclo. Pode-se dizer que sobre um determinado talhão número  $n$ , ocorre um determinado ciclo  $i$ . Após a reforma do talhão  $n$ , se inicia o ciclo  $i+1$ . A identificação de um ciclo, portanto, é dada pela chave do talhão e o número do ciclo.

- Num mesmo talhão podem ocorrer vários ciclos, o que faz com que as entidades Talhão e Ciclo mantenham entre si um relacionamento Um-para-muitos, como diz a teoria sobre entidades fracas.

Sobre as Rotações da Floresta: A

Rotação é uma entidade subordinada, dependente da existência do ciclo, conceitual e fraca.

- A Rotação é um conceito florestal que representa um evento que ocorre sobre um talhão, dentro de um ciclo. Dentro de um ciclo, a primeira rotação começa com o início do ciclo e termina com o corte raso ou corte final da floresta. As rotações seguintes podem ou não acontecer, dependendo das decisões dos gestores, e têm início com o início da brotação e terminam como a primeira rotação, com o corte raso ou corte final.

- Dependem da existência do ciclo, isto é, ocorrem sobre os ciclos.

- As rotações também são entidades fracas pois é necessário utilizar a chave do talhão mais o identificador do ciclo para identificar uma rotação. Da mesma forma como foi montada a chave da entidade Ciclo, pode-se montar a chave da entidade Rotação, que será composta da chave do talhão, o número do ciclo e do número da rotação.

- Num mesmo ciclo, podem ocorrer uma ou mais rotações o que torna o relacionamento entre as duas entidades um do tipo Um-para-muitos.

Sobre as Intervenções na Floresta: A Intervenção é uma entidade subordinada, dependente da existência da rotação, conceitual e fraca.

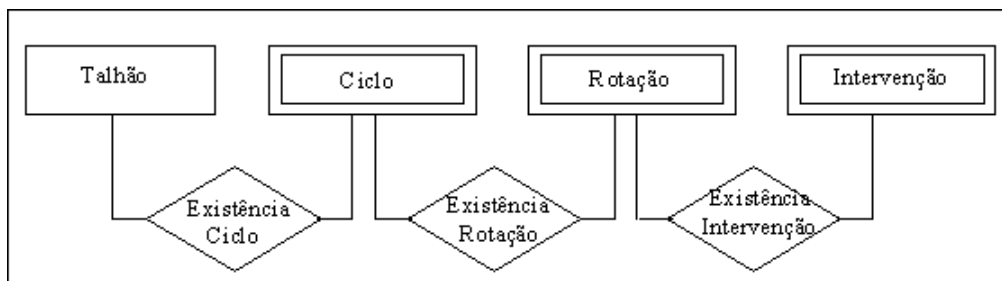
- A Intervenção é um conceito florestal que representa um evento que ocorre sobre um talhão, dentro de um ciclo e de uma rotação. São cortes de árvores (desbastes ou cortes finais e rasos) que resultam em produção de madeira. Sobre uma rotação podem ocorrer uma ou várias intervenções. A intervenção final encerra uma rotação, os gestores definem se naquele talhão se abrirá uma nova rotação ou um novo ciclo.

- Dependem da existência da rotação, isto é, ocorrem sobre as rotações.

- As intervenções também são entidades fracas pois é necessário utilizar a chave do talhão mais o identificador do ciclo e da rotação para se identificar uma intervenção. Da mesma forma como foi montada a chave das entidades Ciclo e Rotação, pode-se montar a chave da entidade Intervenção, que será composta da chave do talhão, o número do ciclo, o número da rotação e do número da intervenção.

- Numa mesma rotação, podem ocorrer uma ou mais intervenções o que torna o relacionamento entre as duas entidades um do tipo Um-para-muitos.

Usando os padrões gráficos descritos na secção "Representação gráfica" modela-se esta parte da realidade florestal conforme a Figura 1.



**Figura 1** – Representação gráfica do Modelo E-R Ciclos – Rotações e Intervenções



Dessa forma consegue-se representar a dinâmica florestal. Pode-se usar essa representação para cadastros florestais que armazenam dados de vários géneros, com manejos diversos e que atendem às mais diversas formas de utilização da madeira. O histórico da floresta fica representado, e principalmente, fica disponível de forma natural.

É importante, neste momento, a discussão sobre os atributos das entidades *Talhão*, *Ciclo*, *Rotação* e *Intervenção*. À entidade *Talhão* estão associados atributos como áreas e distâncias. Os *Talhões* devem ser georeferenciados, devem ser agrupados em regiões administrativas, e devem ter limitações logísticas. A entidade deve possuir relacionamentos com as entidades legais como matrículas e outras semelhantes, pois os *Talhões* são, essencialmente, um objecto geográfico.

À entidade *Ciclo* devem estar ligados atributos como data de plantio, espaçamento, e devem ser relacionadas entidades como material genético, por exemplo. Em síntese, tudo que não muda durante um ciclo completo da floresta deve estar associado ao *Ciclo*.

À entidade *Rotação* devem estar ligados atributos como data do início da rotação para cálculo da idade da rotação. As intervenções silviculturais, as ocorrências de sinistros e pragas devem ocorrer sobre as *Rotações*. Enfim, tudo o que ocorre em uma *Rotação* da floresta, ou tudo que está ligado à madeira nesse período, deve se relacionar com a entidade *Rotação*.

À entidade *Intervenção* deve-se associar a produção, o tipo de intervenção (desbastes ou cortes finais e rasos), datas e outros detalhes necessários à representação apropriada a realidade que se quer

representar.

Esta forma de representar a realidade se utiliza de vários recursos oferecidos pelos gerenciadores de bancos de dados, e tornam o processo de modelagem mais prático e íntegro.

*Ciclo*, *Rotação* e *Intervenção* tornam-se atributos quando extraídos do banco de dados como último-ciclo, última-rotação e última-intervenção. Esses atributos devem ser calculados automaticamente pelo próprio programa gerenciador de bancos de dados através de disparos automáticos. Acrescenta-se o recurso de construção de uma visão do banco (apenas lógica - sem duplicação de informações) que mostra apenas o "talhão actual" isto é, o talhão com os dados do último ciclo, da última rotação e da última intervenção feita.

Na implementação relacional desse modelo podem-se acrescentar regras de integridade aos dados que regulamentam a abertura de novos ciclos e novas rotações de forma que os dados dos talhões tornam-se precisos.

O gestor tem, então, uma visão do cadastro florestal como necessita, a visão do cadastro actual, a visão do histórico íntegro, sem perda de informação e disponível a qualquer momento.

#### *Representação das características dos talhões florestais*

Para várias características dos talhões existem discussões sobre a correcta representação em um banco de dados. Algumas delas tem comportamento semelhante em termos de banco de dados. Descrevem-se a seguir os problemas de representação da característica *Solo* de um *Talhão*.

Se existe a entidade talhão, e foi

definida uma entidade forte como, por exemplo, um novo critério de classificação de solos que cria unidades de mapeamento de solo ou simplesmente *UnidadeSolo*, existe obviamente um relacionamento entre *UnidadeSolo* e *Talhão*.

O relacionamento corretor é o de cardinalidade muitos-para-muitos, pois sabe-se que pode existir mais de uma *UnidadeSolo* para cada *Talhão*, e que uma *UnidadeSolo* pode estar presente em diversos *Talhões*.

Esse relacionamento aumenta a complexidade do modelo, se analisado do ponto de vista dos gestores, para os quais, em geral, é suficiente saber apenas qual *UnidadeSolo* é predominante em um determinado *Talhão*. Por outro lado, se não o fazemos assim, não atendemos aos profissionais da área de Solos que mapeam e analisam cada uma das manchas de solos da empresa florestal.

A solução é fazer o relacionamento muitos-para-muitos e acrescentar um atributo chamado *SoloPredominante* no relacionamento *Talhão-Solo* que deve ser alimentado automaticamente pelo banco via "gatilho" ou disparo automático.

Sobre essa estrutura de dados, mostrada na Figura 2, disponibilizam-se duas visões:

- Uma que pode ser a própria visão do talhão na qual se inclui uma coluna

com a unidade de solo predominante. Essa pode ser a própria visão do cadastro florestal actual descrita no item anterior; e

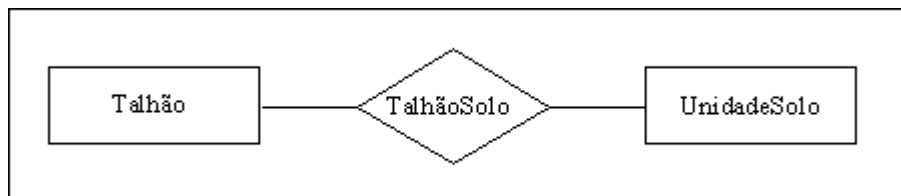
- Uma visão detalhada das unidades de solo nos talhões que alimentam com informações os usuários das áreas específicas.

Essa técnica pode ser replicada para "*Talhão com Declividade*", "*Ciclo com Material Genético*", "*Talhão com Matrícula*" e quaisquer outras características com comportamento semelhante. Com essa representação são atendidos os dois grupos de usuários das informações, os que querem a informação geral e os que querem a informação específica.

#### *Definição de entidade conceitual*

Na área florestal existem várias entidades conceituais difíceis de modelar mas que devem ser definidas usando um mesmo padrão de modelo de dados.

Consideremos a entidade conceitual *Unidade de Mapeamento de Solos*. As unidades são definidas a partir de um levantamento de solos e de análises estatísticas que determinam os factores que agrupam as unidade dentro de uma determinada região. Em geral, os factores que determinam uma unidade são diferentes para as várias regiões.



**Figura 2** – Representação gráfica do Modelo E-R - Características dos Talhões

Grandes empresas com grandes áreas florestais precisam ter um banco de dados único, baseado no mesmo modelo, mas as unidades de mapeamento são dependentes de factores diferentes nas diversas regiões. Se numa região A análise do levantamento indicou que os factores que definem um unidade numa região A são *Textura*, *Grupo de Solo* e *Relevo*, em outra região B não se tem a garantia de que os factores de agrupamento serão os mesmos.

Não se recomenda a transformação dos conceitos *Textura*, *Relevo* e *Grupo de Solo* em entidades conceituais relacionadas à entidade *UnidadeSolo* como mostrado na Figura 3. Dessa forma, o banco de dados não representaria adequadamente a dinâmica da realidade, atenderia apenas as necessidades de uma empresa pequena, e apresentaria limitações cada vez maiores ao longo do tempo.

Ao invés disso, recomenda-se um modelo com os seguintes elementos:

- Uma entidade conceitual chamada Factor de Definição de Unidades de Solo, ou simplesmente *FactorUnidadeSolo*.

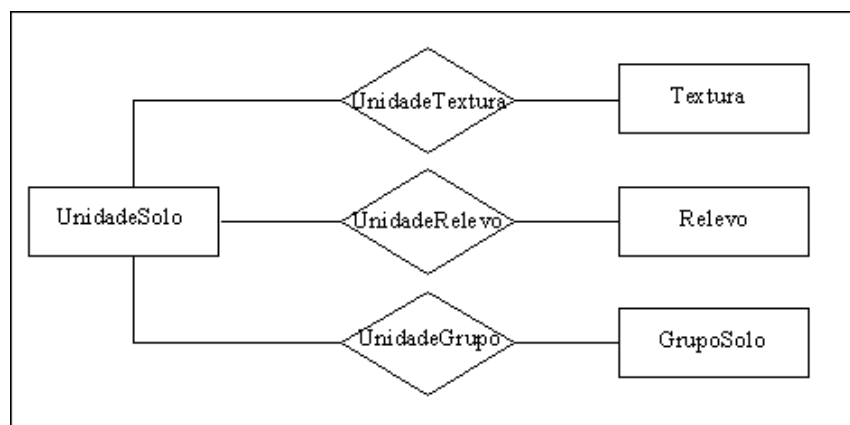
- Uma entidade subordinada a *FactorUnidadeSolo*, fraca, contendo os valores possíveis para os factores chamada *ValorFactor*.

- A entidade conceitual *UnidadeSolo* com os atributos Nome da Unidade e Descrição da Unidade.

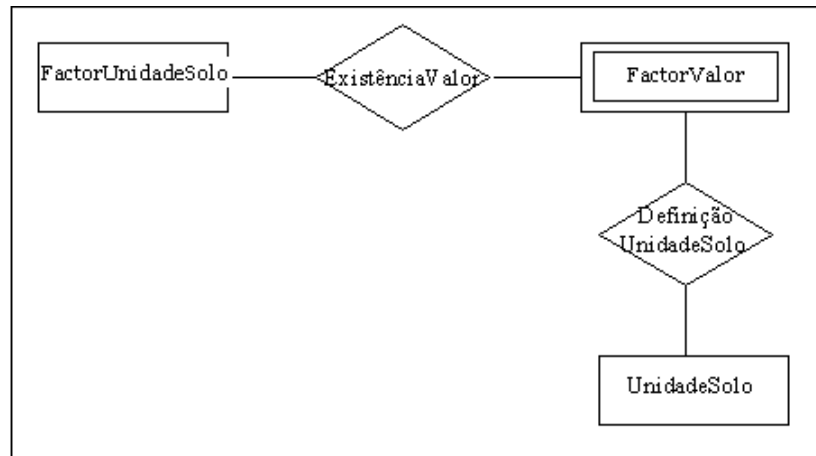
- Um relacionamento de cardinalidade muitos-para-muitos entre *UnidadeSolo* e *ValorFactor* chamado Definição de uma Unidade de Solo ou simplesmente *DefiniçãoUnidadeSolo*.

O modelo proposto é apresentado na Figura 4. Essa mesma técnica pode ser usada para definir outros conceitos florestais, como:

- Estratos e substratos do inventário;
- Unidades de manejo;
- Limitações de uma unidade de solo;
- Limitações logísticas de um talhão;
- Factores de tratamento de experimentos;
- Características tecnológicas de clones e lotes de sementes etc.



**Figura 3** – Representação gráfica do Modelo E-R - Unidades de solo com factores fixos



**Figura 4** – Representação gráfica do Modelo E-R – Conceitos Florestais

Para os casos acima, em que os factores são entidades já representadas no banco, como é o caso do conceito Unidade de Manejo, pode-se adoptar uma variação do modelo padrão representado na Figura 5 e com os seguintes elementos:

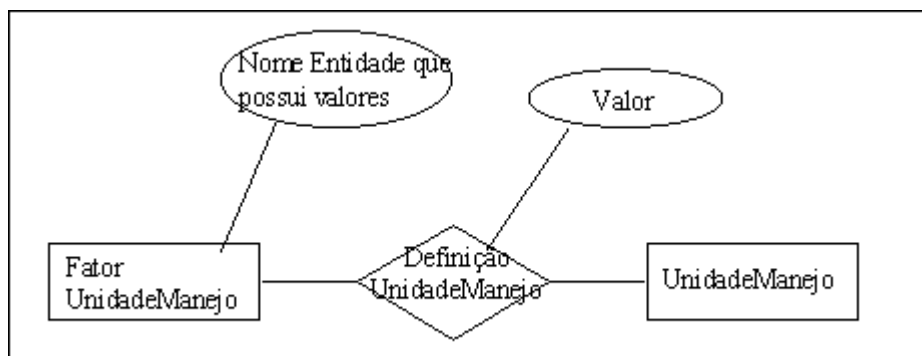
- A entidade FactorUnidadeManejo tem um atributo que é o nome da entidade que representa esse factor no banco de dados.

- Dispensa-se a entidade ValorFactor,

pois os valores para esse factor já estão presentes na entidade informada na entidade FactorUnidadeManejo.

- O relacionamento muitos-para-muitos é feito directamente entre a entidade FactorUnidadeManejo e a entidade UnidadeManejo.

- O relacionamento chamado DefiniçãoUnidadeManejo contém o atributo Valor. Esse Valor deve ser consistente com os valores possíveis da entidade correspondente.



**Figura 5** – Representação gráfica do Modelo ER – Conceitos Florestais Modificado

A aplicação dessas técnicas resulta em um modelo de dados flexível e adaptável às possíveis mudanças de estratégia da empresa ao longo dos anos. Essas mudanças podem envolver alterações na base de estratificação do inventário, mudança de factores que definem uma unidade de manejo, inclusão das limitações logísticas dos talhões, das limitações de manejo nas diversas unidades de solo, de alterações nas regras de definição de tratamentos de experimentos, de caracterização de clones e sementes etc.

#### *Silvicultura*

As intervenções silviculturais são basicamente operações realizadas sobre os talhões quando eles estão passando por um ciclo e uma rotação. Podemos identificar aí a entidade Operação, que é uma entidade conceitual, forte. As operações podem ser claramente definidas e descritas, tem códigos próprios, formas de execução, normas e etc.

Cada uma dessas operações pode ser realizada várias vezes sobre uma rotação, e numa rotação podem ser realizadas várias operações, caracterizando um relacionamento de cardinalidade muitos-para-muitos entre as entidades rotação e operação.

Esse relacionamento pode ter o nome de Silvicultura e possui atributos próprios e importantes que definem uma intervenção silvicultural como data do evento e quantidade realizada na unidade da operação.

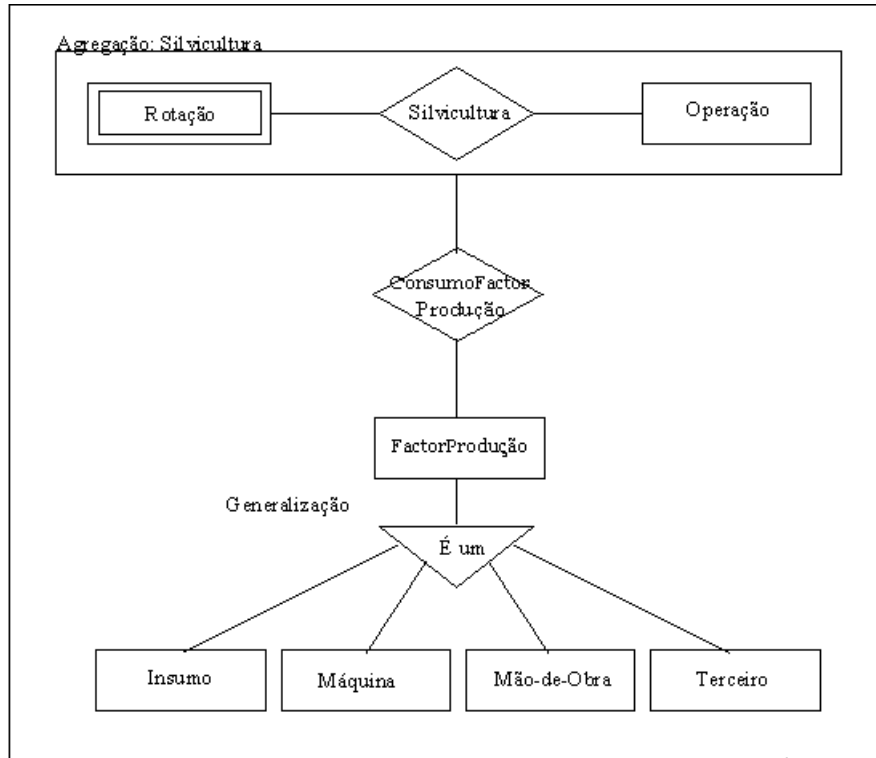
Por outro lado, existe a necessidade de se caracterizar a intervenção silvicultural em termos do seu consumo de mão-de-obra, consumo de horas de

máquina, de insumos, de mão-de-obra de terceiros. Aí cabe uma importante generalização e uma agregação.

Generalizam-se insumos, máquinas, terceiros e mão-de-obra como factores de produção. Cria-se a entidade FactorProdução com apenas os atributos comuns a todos os tipos de factores como descrição e unidade dos valores consumidos nas intervenções silviculturais. Cada um dos tipos de factores pode ter uma entidade própria com os atributos específicos. Terceiros precisam dos atributos especiais de contrato, insumos possuem atributos ligados a nutrientes, e assim os outros tipos.

Cria-se uma agregação chamada Silvicultura e cria-se um relacionamento (ConsumoFactorProdução) entre ela e entidade generalizada FactorProdução como mostra a Figura 6. Esse relacionamento possui o atributo Quantidade consumida do factor de produção na unidade do factor de produção durante a intervenção silvicultural determinada na agregação Silvicultura. Essas quantidades físicas consumidas se valorizadas e somadas a todos os consumos de factores durante toda uma rotação ou um ciclo tem-se o custo total operacional de um ciclo ou rotação.

Utilizando os conceitos de agregação e generalização pode-se representar toda a diversidade e todos os detalhes da actividade silvicultural. A redução do modelo E-R a tabelas e a utilização de um gerenciador de banco de dados poderoso permite a implementação de várias regras de silvicultura como checagem de datas, áreas, sequências de actividades, acumulação de horas e checagem de condições de contrato.



**Figura 6** – Representação gráfica do Modelo E-R da Silvicultura

### Considerações finais

Os gestores florestais não precisam dominar os conceitos de modelagem E-R a ponto de serem capazes de modelar seus próprios bancos, mas devem ser capazes de compreender os modelos E-R projectados, pois eles são a forma de representação da realidade com a qual trabalham. Devem, principalmente, saber discutir com os projectistas de bancos para garantirem uma representação adequada da realidade de suas empresas.

Os modelos apresentados são modelos básicos para o início dos projectos de bancos florestais, que envolvem muito mais informações,

chegando a várias centenas de conjuntos de entidades e relacionamentos representados no banco.

A utilização desse modelo básico tem sido testado em várias empresas brasileiras e vem apresentando resultados bastante satisfatórios no que diz respeito à facilidade de utilização e compreensão dos dados.

Entretanto, a contribuição concreta da utilização do modelo apresentado com base na técnica de modelagem E-R é que geram modelos que simplificam a realidade, isto é, o modelo básico apresentado propicia boas aproximações da realidade que suportam o trabalho de gestão e planejamento florestal.

**Bibliografia**

- BORGES, J.G., 1996. Sistemas de apoio à decisão em recursos naturais: aplicações florestais. *Revista florestal* 9(3) : 37-44.
- DATE, C.J., 1991. *Introdução a sistemas de bancos de dados*. 4.ed. Rio de Janeiro: Campos, 674pp.
- FORESTRY SPACIAL INTEREST GROUP, 2000. *Forestry data model*. Report of Data Model Workgroup. Jun.
- KORTH, H.F., SILBERSCHATZ, A., 1995. *Sistema de banco de dados*. 2.ed. São Paulo: Makron Books, 754pp.
- MIRAGAIA, C., SILVA, L., TELES, N., DOMINGOS, T., BORGES, J., 1996. Concep-tualização de um sistema de informação para o planejamento em recursos naturais. *Revista florestal* 9(3) : 46-50.
- MIRAGAIA, C., BORGES, J., RODRIGUES, F.A., RODRIGUEZ, L.C.E., 1999. Uma aplicação do sistema inFlor na gestão de dados florestais. *Circular técnica IPEF* nº190.
- SETZER, 1990. *Banco de dados*. - Conceitos, Modelos, Gerenciadores, Projeto Lógico, Projeto Físico. 2.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher. 289 pp.