

# MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS

DE UM SISTEMA  
DE DISTRIBUIÇÃO  
DE GÁS NATURAL

Giseliane da Silva Gomes  
Aline Marques de Moraes  
Alana Marques de Moraes



ISBN: 978-65-5825-013-5

MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS DE UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS  
NATURAL

Giseliene da Silva Gomes  
Aline Marques de Moraes  
Alana Marques de Moraes  
(Autoras)

Centro Universitário UNIESP

Cabedelo - PB  
2020



## **CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIESP**

### **Reitora**

Érika Marques de Almeida Lima Cavalcanti

### **Pró-Reitora Acadêmica**

Iany Cavalcanti da Silva Barros

### **Editor-chefe**

Cícero de Sousa Lacerda

### **Editores assistentes**

Hercilio de Medeiros Sousa

Josemary Marcionila F. R. de C. Rocha

### **Editora-técnica**

Elaine Cristina de Brito Moreira

### **Corpo Editorial**

Ana Margareth Sarmento – Estética

Anneliese Heyden Cabral de Lira – Arquitetura

Daniel Vitor da Silveira da Costa – Publicidade e Propaganda

Érika Lira de Oliveira – Odontologia

Ivanildo Félix da Silva Júnior – Pedagogia

Jancelice dos Santos Santana – Enfermagem

José Carlos Ferreira da Luz – Direito

Juliana da Nóbrega Carreiro – Farmácia

Larissa Nascimento dos Santos – Design de Interiores

Luciano de Santana Medeiros – Administração

Marcelo Fernandes de Sousa – Computação

Márcia de Albuquerque Alves – Ciências Contábeis

Maria da Penha de Lima Coutinho – Psicologia

Paula Fernanda Barbosa de Araújo – Medicina Veterinária

Rita de Cássia Alves Leal Cruz – Engenharia

Rogério Márcio Luckwu dos Santos – Educação Física

Zianne Farias Barros Barbosa – Nutrição

Copyright © 2020 – Editora IESP

É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio. A violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998) é crime estabelecido no artigo 184 do Código Penal.

O conteúdo desta publicação é de inteira responsabilidade do(os) autor(es)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Padre Joaquim Colaço Dourado (UNIESP)**

633m Gomes, Giseliâne da Silva.

Modelagem de dados geográficos de um sistema de distribuição de gás natural [recurso eletrônico] / Giseliâne da Silva Gomes, Aline Marques de Moraes, Alana Marques de Moraes. - Cabedelo, PB: Editora IESP, 2019.

57 p.

Tipo de Suporte: E-book

Formato: PDF

ISBN: 978-65-5825-013-5

1. Banco de Dados - Modelagem. 2. Dados geográficos. 3. Redes de distribuição. 4. Gás natural. 5. Sistema de distribuição. 6. Entrada de dados. 7. Modelagem conceitual. I. Título. II. Gomes, Giseliâne da Silva. III. Moraes, Aline Marques de. IV. Moraes, Alana Marque de.

CDU: 004.65

Bibliotecária: Elaine Cristina de Brito Moreira – CRB-15/053

**Editora IESP**

Rodovia BR 230, Km 14, s/n,  
Bloco Central - 2 andar - COOPERE  
Morada Nova. Cabedelo - PB.  
CEP 58109-303

## **Prefácio**

Este livro se refere ao primeiro exemplar de uma série organizada pela professora e pesquisadora Dr<sup>a</sup>. Aline Marques de Moraes – membro do corpo docente dos cursos de Sistemas de Informação e Sistemas para Internet do UNIESP Centro Universitário.

Com o auxílio da docente Dr<sup>a</sup> Alana Marques de Moraes da instituição referida e de alunos vinculados ao UNIESP Centro Universitário, alguns trabalhos de destaque apresentados como trabalhos de conclusão de curso foram convidados a serem publicados no formato de livro eletrônico.

## **Agradecimentos**

Nossa gratidão a todos os envolvidos neste projeto, que dedicaram muito esforço neste trabalho, especificamente à bacharel de Sistemas de Informação Giseliane da Silva Gomes. Agradecemos ainda à Professora Erika Marques, Reitora do Centro Universitário UNIESP, pelo apoio incondicional para a concretização desta obra. Ao Professor Doutor Marcelo Fernandes, Coordenador de Sistemas, pelo suporte técnico, confiança e disponibilidade que permitiram a construção deste livro. Por fim, um último agradecimento ao professor Mestre Hercílio de Medeiros pelo apoio e suporte na edição e publicação deste trabalho.

## SUMÁRIO

Capítulo 1 - Introdução.....	11
Capítulo 2 - O gás natural e seu sistema de distribuição .....	13
2.1. O gás natural	14
2.2. Sistema de distribuição de gás natural	15
Capítulo 3 - Sistemas de Informações Geográficas.....	21
3.1. Entrada de dados em um SIG	22
3.2. O paradigma dos quatro universos	22
3.3. Estruturas de dados em SIG	25
3.3.1 Redes	26
Capítulo 4 - Modelagem de dados geográficos .....	28
4.1. Níveis de abstração	29
4.2. O modelo de dados OMT-G	30
4.2.1 Classes	31
4.2.2. Relacionamentos	34
4.2.3. Restrições de Integridade Espacial	38
Capítulo 5 - Execução da modelagem de dados geográficos do SDGN.....	39
5.1. Ferramenta utilizada	39
5.2. Abstração do mundo real	42
5.3. Modelagem conceitual	43
Capítulo 6 - Conclusão .....	46
REFERÊNCIAS .....	47
APÊNDICES .....	49

# Capítulo 1.

## INTRODUÇÃO

Para que projetos de expansão e melhoria das redes de distribuição de gás natural sejam bem elaborados, é fundamental que todas as informações atreladas a ela estejam disponíveis para consulta e atualização, sempre que se fizer necessário. É imprescindível que estas informações estejam centralizadas e armazenadas de forma segura.

Quando os dados de caráter técnico de uma distribuidora de Gás Natural encontram-se mantidos por meio de planilhas eletrônicas, por sistemas não integrados ou em plantas impressas, percebe-se uma dificuldade de interpretação da informação e até mesmo de acesso. Tal fato pode ser considerado um agravante, pois impacta no tempo de elaboração de projetos e estudos, na tomada de decisões estratégicas, comerciais, operacionais e de manutenção da rede.

Praça (2003) afirma que a otimização das redes de distribuição necessita de um estudo prévio que é complexo, e envolve inúmeros outros parâmetros além dos parâmetros técnicos. Diante deste contexto, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são sistemas que armazenam dados espaciais, além de dados descritivos convencionais. Com este tipo de sistema, qualquer Companhia Distribuidora de Gás Natural poderá ter a sua disposição informações espaciais, de forma que os elementos da rede já cadastrados possam ser localizados rapidamente e suas informações acessadas. Com este sistema, também é possível realizar consultas e análises espaciais, gerando para as Companhias respostas dantes complicadas ou até mesmo impossíveis de se obter.

Os dados acessados por este sistema devem estar armazenados em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), e para se projetar adequadamente um SGBD Geográfico, a fase do projeto conceitual é fundamental. Nesta fase ocorrerá toda a abstração do mundo real, e a interpretação de como os fenômenos e os elementos da realidade estudada deverão estar representados no SIG.

Segundo Borges (2002), a obtenção de sucesso na implementação de um sistema de informação, depende da qualidade da transposição de entidades do mundo real e suas interações para um banco de dados informatizado.

O presente livro tem como objetivo geral realizar a modelagem de dados geográficos de um Sistema de Distribuição de Gás Natural (SDGN), como parte do projeto de elaboração de um Banco de Dados Geográficos a ser utilizado em um SIG. Para que isso seja alcançado, é

necessário identificar e descrever os elementos que compõem um SDGN, entender o modelo de dados geográfico OMT-G e instalar uma ferramenta que o implemente e elaborar a modelagem do SDGN utilizando a ferramenta instalada.

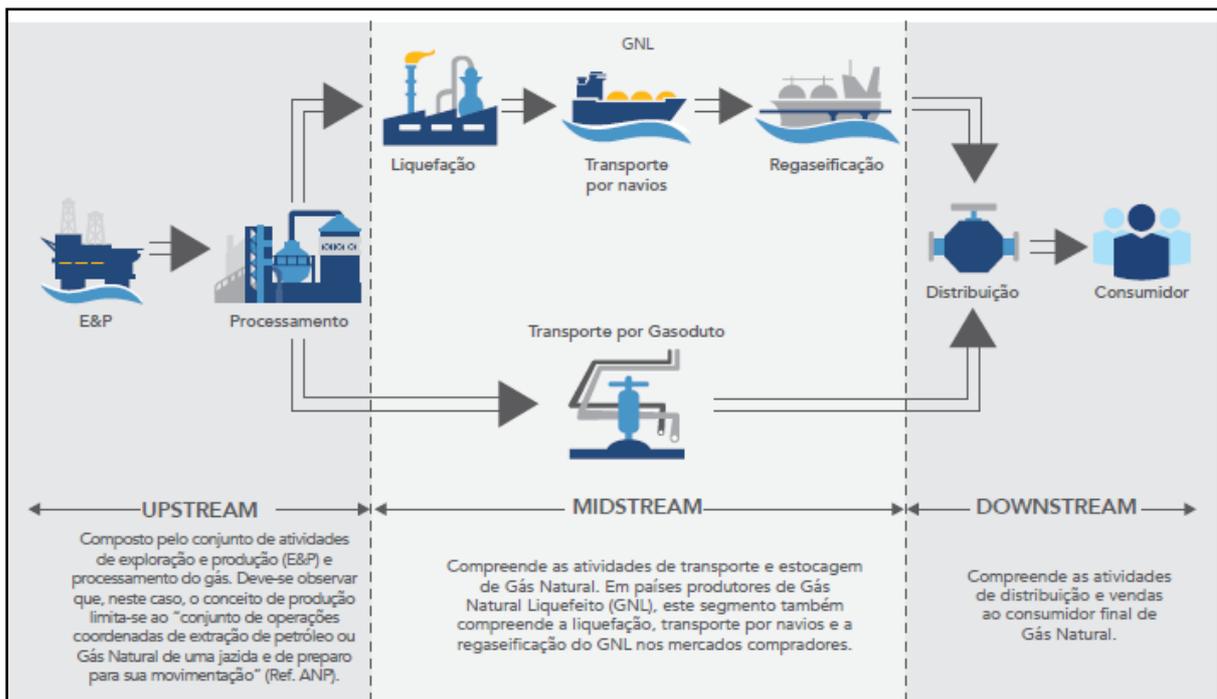
## Capítulo 2.

### O GÁS NATURAL E SEU SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

A expansão do gás natural na geração de energia elétrica tem se elevado cada vez mais no mundo. No Brasil, ele é a maior fonte de participação na geração termelétrica, no entanto o seu uso principal continua sendo no setor industrial. A vantagem deste combustível em relação a outros está no fato do gás natural emitir muito menos poluentes, minimizando assim os impactos ambientais.

A cadeia do gás natural é composta pelas etapas de exploração e produção, escoamento, processamento, transporte até os pontos de entrega, e finalmente a distribuição e comercialização, sendo estas últimas de responsabilidade dos estados. Estas etapas são divididas em três segmentos, conforme mostrado na Figura 1:

**Figura 1 - Cadeia de valor do gás natural.**



Fonte: FGV (2014).

## 2.1. O GÁS NATURAL

O gás natural é o mais limpo dos combustíveis fósseis, possuindo características que favorecem a maior durabilidade dos aparelhos que o utilizam. Além de reduzir os impactos ambientais, o gás natural é versátil e pode ser utilizado em aplicações domésticas, industriais e automotivas, substituindo a gasolina, o etanol e o óleo diesel, e ainda pode ser utilizado para a geração de energia elétrica.

Conforme Gasmig (2019) o gás natural é formado por uma cadeia de hidrocarbonetos, compostos químicos constituídos basicamente por átomos de carbono e hidrogênio. O componente principal do gás natural (89%) é o metano (CH<sub>4</sub>). No restante de sua composição há pequenas parcelas de etano (6%), propano (1,8%) e outros hidrocarbonetos de maior peso molecular.

Extraído das jazidas, o gás natural é um produto inodoro e incolor, não tóxico e mais leve que o ar. Por não ter cheiro, o gás natural precisa ser odorizado para ser percebido em caso de vazamentos. É uma energia carente de enxofre e a sua combustão é completa, sendo liberado o dióxido de carbono e vapor de água, ambos componentes não tóxicos, o que faz com que o gás natural seja uma energia ecológica e não poluente.

Algumas das vantagens de se utilizar o gás natural, quando comparado às tradicionais fontes de energia são:

- Queima limpa – gera grandes quantidades de energia, mas não deixa resíduos na câmara de combustão;
- Segurança – por ser mais leve que o ar, se dissipa rapidamente diminuindo o risco de explosões;
- Menos poluente – polui menos que fontes energéticas tradicionais, como o óleo combustível, diesel e carvão;
- Não tóxico – sua ingestão ou inalação não provoca danos à saúde das pessoas, e à medida que as pessoas respirarem ar fresco, ele é eliminado, não deixando qualquer resíduo no organismo;

Ao ser utilizado em comércios e residências, o gás natural traz conforto e comodidade, pois possui abastecimento contínuo e substitui as garrafas e depósitos de GLP, tradicionais em edifícios residenciais. Pode ser utilizado também para a refrigeração de ambientes, em aparelhos de ar condicionado e refrigeradores à gás.

## 2.2. SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL

O sistema de distribuição de gás canalizado recebe o gás da rede de transmissão a partir de um ponto de entrega composto, entre outros elementos, por pontos de transferência de custódia também chamados de *City Gate*. O gás é recebido em alta pressão e sem odor. No início da distribuição é inserido o odorante (cheiro), que possibilita a identificação do gás em casos de vazamento.

As tubulações de aço são usadas em redes de alta pressão e servem para atender a necessidade de fornecimento de grandes clientes. Já as redes de polietileno (*pead*) são utilizadas para atender a demanda de clientes de médio e de pequeno porte. A distribuição do gás natural até o usuário final é feita por meio destas tubulações, que são especialmente projetadas e construídas apenas para este fim.

À medida que surge demanda de distribuição de gás natural para áreas onde ainda não existe uma rede construída, um projeto de expansão é elaborado. Assim, novos trechos de rede são construídos para atender estas novas áreas. Quando a demanda é para clientes que se encontram numa área de atendimento da rede, é construído um pequeno trecho de rede denominado de ramal, caracterizando a saturação da distribuição de gás natural existente.

Para que as redes sejam construídas, são utilizados basicamente dois métodos construtivos: o destrutivo e o não destrutivo. O método destrutivo requer a abertura de grandes valas para que haja a instalação da tubulação, já no método não destrutivo (perfuração direcional) é feita a abertura de uma pequena área com a retroescavadeira para a inserção da tubulação no solo, sem que seja necessária a abertura de todo o pavimento. Este método pode ser utilizado quando não há rochas no subsolo que impossibilitem a perfuração direcional. É uma metodologia de execução rápida, limpa e que causa o mínimo de transtorno ao tráfego urbano.

Como fator de segurança, ao longo de todo o trajeto da tubulação há uma sinalização aérea, que informa a presença do gás natural, e também são instaladas válvulas que bloqueiam o fluxo de gás, facilitando a operação do sistema, podendo ser acionadas em casos de emergência.

Nos ativos de companhias que distribuem o gás natural, são encontrados dentre outros, os seguintes elementos que formam um sistema de distribuição:

- *City Gate* ou Ponto de Transferência de Custódia (PTC) - um conjunto de equipamentos e válvulas que é exatamente o ponto de entrega ou de

transferência do gás, onde o mesmo passa de uma linha principal de transmissão para um sistema de distribuição local;

- Estação de Regulagem de Pressão e Medição (ERPM) - as estações de redução de pressão e medição têm a função de proteger e garantir a estabilidade do sistema. São compostas por um sub-sistema de redução de pressão e um subsistema de medição. O sub-sistema de medição contém, basicamente um medidor de vazão. Sub-sistemas de redução de pressão contém, convencionalmente, 2 tramos de redução de pressão paralelos, podendo, em situações especiais, conter até 4 tramos de redução. Um tramo de redução consiste em um conjunto de tubos e equipamentos montados em série. Os equipamentos mencionados são: válvula de bloqueio manual, filtro, válvula de bloqueio automático, válvulas reguladoras de pressão e válvula de segurança;
- Estação de Redução de Pressão (ver Figura 2):
  - ERP (Estação Redutora Primária) - conjunto de válvulas, reguladores, dispositivos de segurança, tubos e demais componentes que reduzem a pressão da rede primária para o valor da pressão de operação da rede secundária;
  - ERS (Estação Redutora Secundária) - conjunto de válvulas, reguladores, dispositivos de segurança, tubos e demais componentes que reduzem a pressão do gás da pressão de operação da rede secundária de alta pressão ao valor da pressão de operação da rede secundária de baixa pressão;

**Figura 2 - Exemplo de uma Estação Redutora de Pressão.**



- CRM (Conjunto de Regulagem e Medição) - conjunto de equipamentos, instalado pela concessionária distribuidora, nas dependências do usuário, destinado à regulagem da pressão e à medição do volume de gás fornecido (ver Figura 3);

**Figura 3 - Exemplo de um Conjunto de Regulagem.**



- Sistema de Odorização - destinada a colocação de substâncias (mercaptana) que dão odor ao gás, para detecção de vazamentos;

- Sistema de Supervisão e Controle – monitora e controla remotamente o sistema de distribuição;
- Redes de distribuição – conjunto de tubos que interligas as estações até um ramal (Figura 4);

**Figura 4 - Mapa da Rede de Distribuição de Belo Horizonte.**



Fonte: GASMIG (2019).

- Ramais – trechos de tubos que derivam da rede até o CRM dos usuários;
- Medidor - aparelho que permite medir o volume de gás consumido em um determinado período de tempo.
- Válvula de bloqueio - válvula destinada a interromper o fornecimento de gás;
- Válvula de Passeio - válvulas de pé e passeio foram projetadas para selar ou permitir a passagem de fluido. Devem permitir a passagem de fluido somente no curso ascendente, já no curso descendente selam a passagem do fluido, nesse caso, funcionam como válvula de retenção;
- Sinalização - conjunto de estímulos que informam um indivíduo sobre a melhor conduta a tomar perante determinadas circunstâncias relevantes (Figura 5);

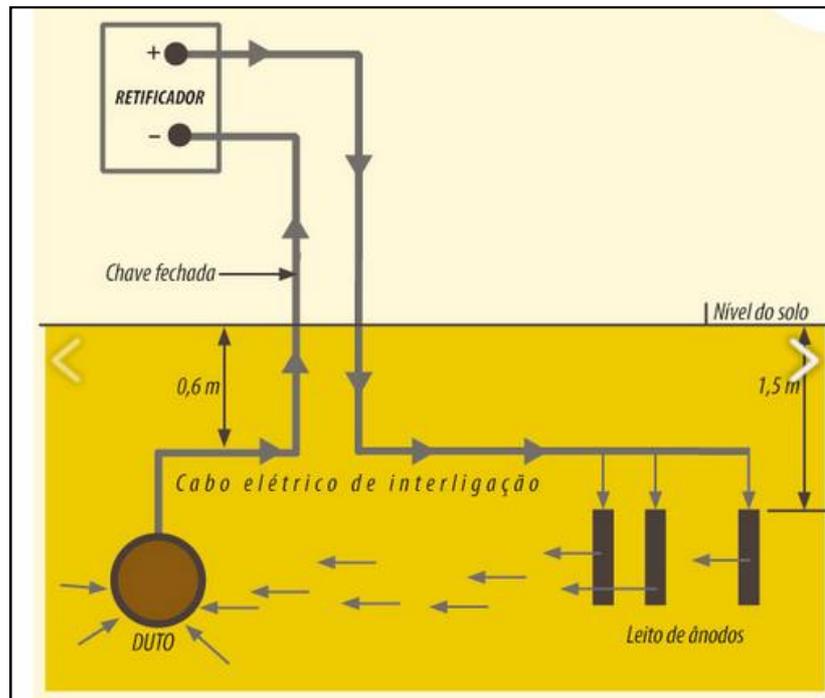
Figura 5 - Sinalização utilizando placas.



Fonte: GASMIG (2019).

- Ponto de Teste Eletrolítico (PTE) – dispositivo usado para medição do potencial da tubulação, servindo para se checar o sistema de proteção catódica;
- Leito de anodos - dispositivo de um sistema de proteção catódica (Figura 6) destinado a sofrer a corrosão em benefício da estrutura que se deseja preservar;
- Retificador – equipamento que envia a corrente de proteção para as estruturas metálicas, fazendo da proteção catódica (Figura 6);

**Figura 6 - Proteção catódica.**



Fonte: FURTADO (2019).

- Lançador e Recebedor de PIG: tem a função de lançar e receber os PIGs (dispositivos para limpeza das tubulações), também sendo possível utilizá-los com ferramenta de inspeção de tubulação a fim de avaliar a integridade interna do duto. São comumente equipados com tampas de abertura e fechamento rápido que facilitam sua operação.

## Capítulo 3.

### SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

O conceito de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) foi se desenvolvendo e se aprimorando à medida em que seu uso se expandiu para diferentes campos de pesquisa. Por não ser uma definição concisa e específica, este conceito chega a causar controvérsias (MIRANDA, 2005).

Para Câmara e Medeiros (1998) o termo SIG é aplicado para sistemas que tratam computacionalmente dados que estão localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. Estes sistemas possuem a capacidade de armazenar a geometria e os atributos dos dados tratados.

Já em Miranda (2005), é visto que a abordagem mais adequada para o termo, é aquela que enfatiza a importância da análise espacial e que trata o SIG mais como uma ciência da informação espacial, do que uma tecnologia. Ele justifica sua visão com base no fato de que, apesar da maioria dos SIGs possuírem funcionalidades de análise espacial limitada, esta é uma área de maior desenvolvimento. Segundo o autor, esta parece ser a abordagem mais aceita pela comunidade.

Rocha (2007) demonstra um conceito mais abrangente para o SIG, definindo-o como um sistema que tem a capacidade de adquirir, armazenar, processar, analisar e exibir informações digitais. O autor enfatiza ainda que estas informações são georreferenciadas, possuem uma estrutura topológica que podem ou não estar associadas a um banco de dados alfanuméricos.

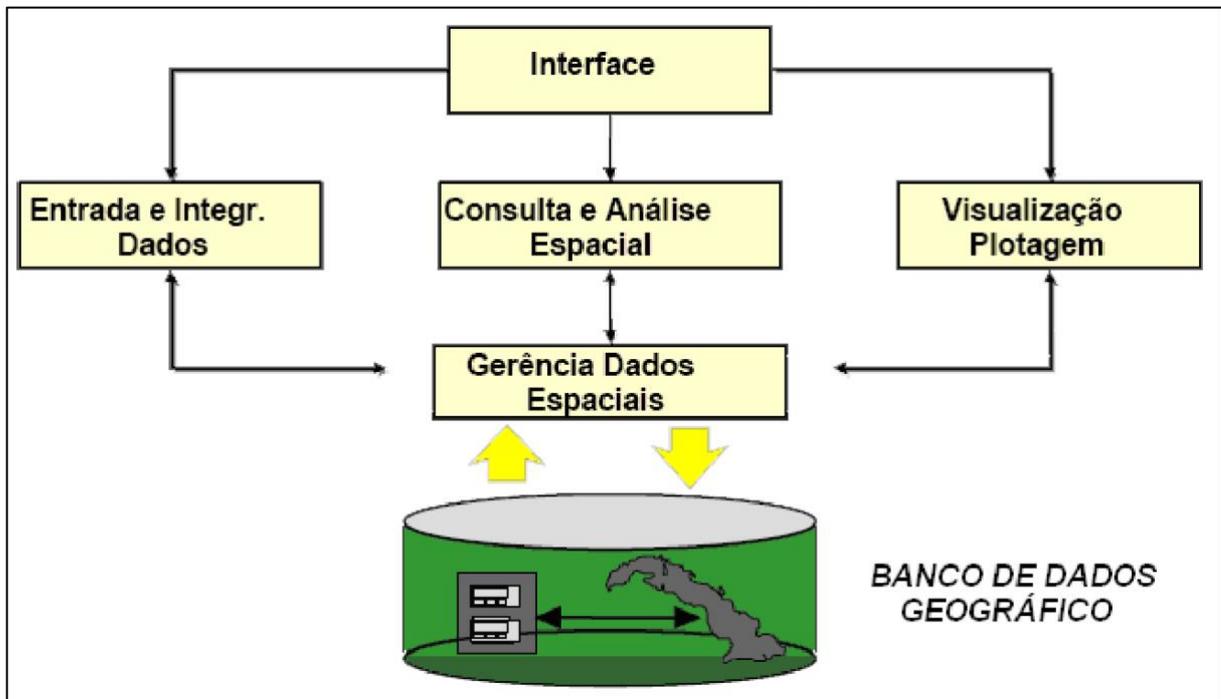
Gomes (2008) conclui que apesar das diferentes opiniões, os SIGs são sistemas que lidam com informações geográficas em um meio digital fazendo uso de projeções cartográficas, oferecendo para as aplicações as funcionalidades necessárias para a tomada de decisão sobre a realidade retratada. Tais funcionalidades vão desde a inserção de dados até a realização de análises espaciais complexas.

Os SIGs são formados por elementos que possibilitam o desempenho de suas funções. Apesar da diversidade de propósitos para uso existentes entre estes sistemas, eles apresentam de uma forma geral características comuns.

Druck *et al.* (2004) retrata a arquitetura de um SIG baseando-se nos seguintes subsistemas, mostrados na Figura 7: interface com usuário; entrada e edição de dados; funções

de processamento gráfico e de imagens; visualização e plotagem; armazenamento e recuperação de dados (organizado sob a forma de um banco de dados geográficos).

**Figura 7 - Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica.**



Fonte: Druck *et al.* (2004).

A interface permite a comunicação e define como o sistema é operado pelo homem; o processamento de dados encontra-se no nível intermediário com operações de entrada, edição, análise, visualização e saída; e internamente ao sistema está o banco de dados geográficos, armazenando e recuperando as informações.

### **3.1. ENTRADA DE DADOS EM UM SIG**

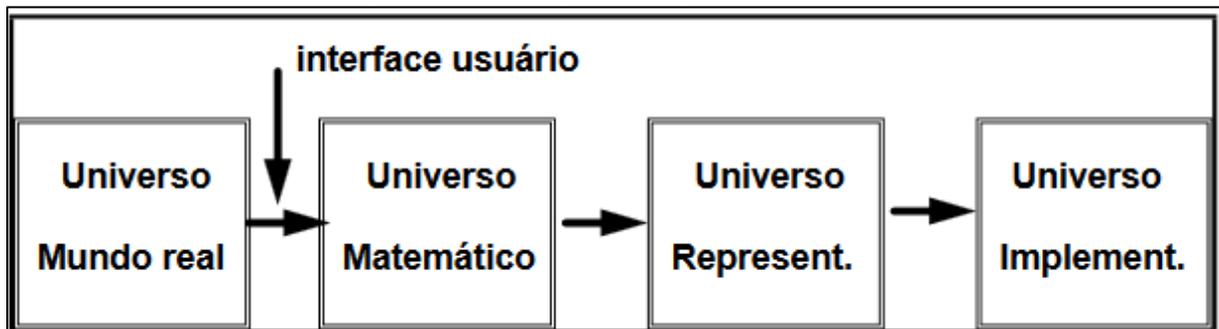
A importação dos dados coletados no mundo real para o SIG se dá, entre outras formas, através da digitalização em mesa, da digitalização automática feita por dispositivos tipo *Scanner*, da digitação por meio de teclado, do levantamento de campo feito com GPS, entre outros processos de coleta, como o uso da fotogrametria e do sensoriamento remoto. Os resultados destes processos de coleta são as fontes de dados para os SIGs.

### **3.2. O PARADIGMA DOS QUATRO UNIVERSOS**

O paradigma dos quatro universos constitui uma visão de como pode ser realizada a tradução da informação geográfica do mundo real para o ambiente computacional. Conforme

demonstrado na Figura 8, a informação perpassa quatro universos até estar apta a ser manipulada em um SIG.

**Figura 8 - Paradigma dos quatro universos.**



Fonte: CÂMARA *et al.* (2001).

No universo do mundo real encontram-se os fenômenos e as entidades que serão modeladas no sistema. Diversos são os tipos dados geográficos existentes, como exemplo, temos:

- Dados temáticos – dados qualitativos sobre a distribuição de uma grandeza espacial (aptidão agrícola de uma região);
- Cadastrais – objetos geográficos com atributos (lotes de uma cidade com informação do dono, valor, etc.)
- Redes – denotam informações associadas a serviços de utilidade pública, redes de drenagem, rodovias;
- Modelos numéricos de terreno – representação quantitativa de uma grandeza que varia no espaço (variáveis geofísicas).

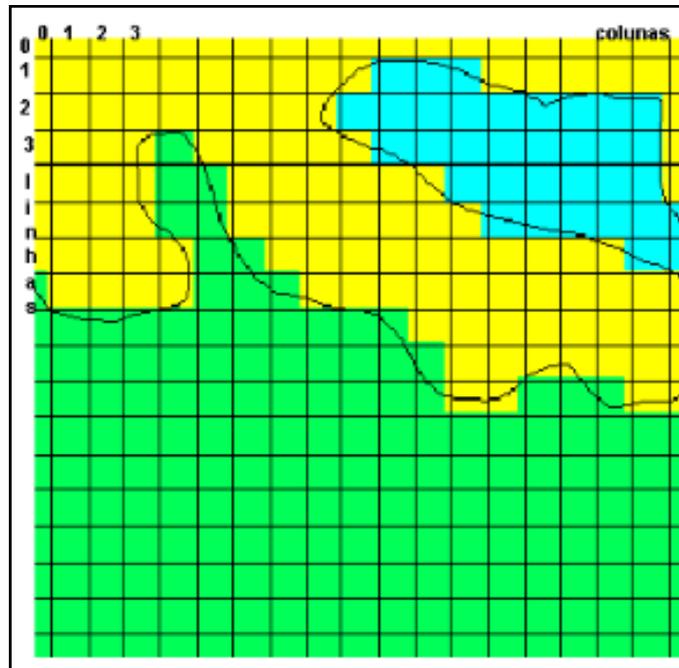
No universo conceitual os elementos são modelados segundo duas visões do espaço geográfico: a visão de campos e a visão de objetos. Na visão de campos os fenômenos variam em uma superfície contínua, na qual cada ponto terá um valor associado. Já na visão de objetos o espaço é composto por elementos distintos e identificáveis, a exemplo de um cadastro espacial de lotes.

No universo de representação as entidades definidas no universo conceitual são associadas a diferentes representações geométricas. Estas representações se distinguem entre vetorial e matricial.

Na representação matricial o universo é representado por uma matriz, na qual o elemento é codificado, célula a célula, atribuindo-se a cada uma o código e o valor do atributo

estudado. Cada célula corresponde, portanto, a uma porção do terreno (CÂMARA E MEDEIROS, 1998).

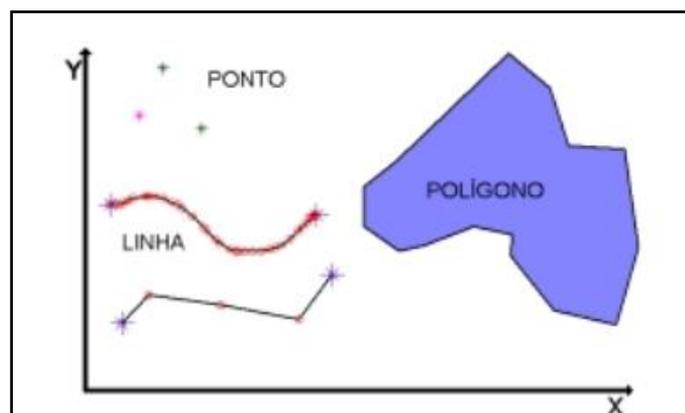
**Figura 9 - Exemplo de representação matricial.**



Fonte Adaptada: CÂMARA *et al.* (2001).

Na representação vetorial, um elemento é representado de forma a tentar reproduzi-lo o mais exatamente possível, qualquer entidade gráfica de um mapa é reduzida a três formas básicas: pontos, linhas e polígonos (CÂMARA *et al.*, 2001).

**Figura 10 - Elementos da representação vetorial.**



Fonte: CÂMARA *et al.* (2001).

O ponto é um par de coordenadas espaciais (x,y), as linhas são um conjunto de pontos conectados, e o polígono é uma região limitada por uma ou mais linhas conectadas, de forma que o último ponto de uma linha seja igual ao primeiro ponto da próxima.

No universo de implementação serão indicadas quais as estruturas de dados que serão utilizadas, tratando-se de decisões concretas de programação.

### 3.3. ESTRUTURAS DE DADOS EM SIG

A estrutura do dado é a forma como este é armazenado no computador. Miranda, (2005) assegura que existe uma grande variedade de estruturas que implementam tanto a representação matricial quanto a vetorial. Tais estruturas se aperfeiçoaram ao longo do tempo, buscando otimizar o armazenamento no caso da representação matricial, e buscando a simplicidade no caso da representação vetorial.

Como exemplo de estruturas que implementam a representação matricial, tem-se: codificação por repetições, código de cadeia matricial e *quadrees*. Já para a representação vetorial pode-se citar: estrutura *spaghetti* e estrutura topológica (MIRANDA, 2005).

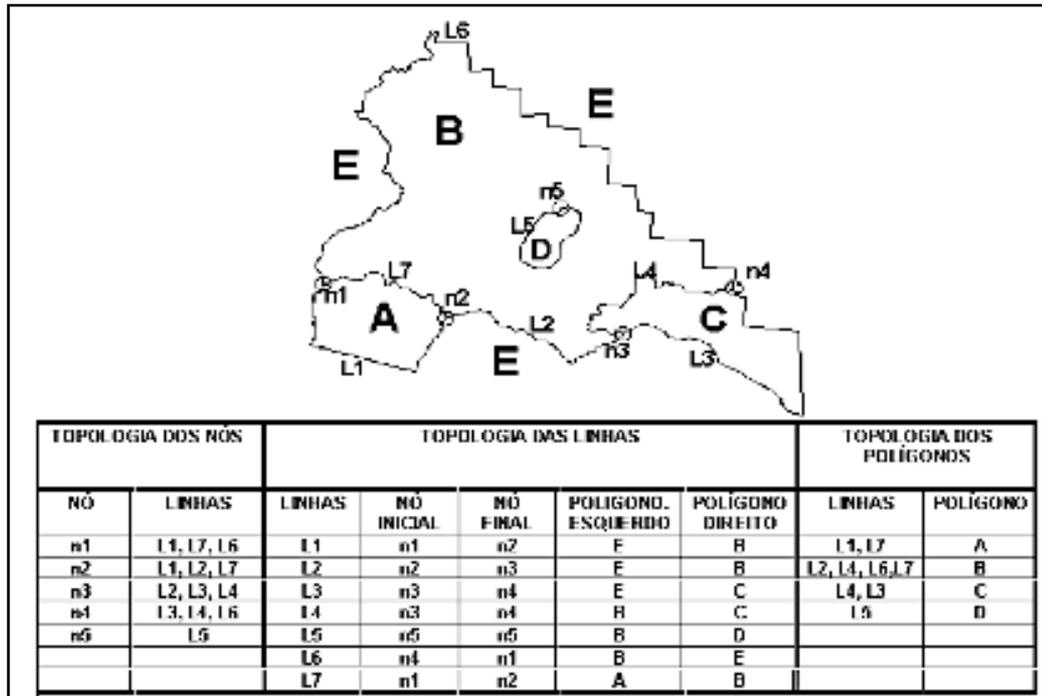
A estrutura *spaghetti* é a estrutura mais simples e lógica, e que mantém o mapa como um modelo conceitual. Cada entidade (ponto, linha ou polígono) é um registro lógico no arquivo digital e é definido como uma série de coordenadas (x, y). Embora todas as entidades estejam espacialmente definidas, não existe relacionamento espacial. Este é determinado por meio de cálculos efetuados com as coordenadas espaciais. A grande vantagem desta estrutura é a sua organização seqüencial para desenho digital, sendo eficiente para propósitos de visualização. No entanto, uma de suas desvantagens é o custo computacional decorrente da ausência de atributos topológicos (MIRANDA, 2005).

A estrutura topológica tem sua importância reconhecida em um SIG por representar os relacionamentos entre suas entidades. Esta estrutura dá a capacidade de estabelecer relações espaciais como conectividade, adjacência, proximidade, continência e interseção (ROCHA, 2007).

Em Assad e Sano (1998) é possível verificar dois tipos de estruturas topológicas vetoriais existentes:

- Topologia arco-nó-polígono: utilizada para representar elementos do tipo área, esta topologia necessariamente armazena informações referentes aos elementos vizinhos, como mostra a Figura 11;

Figura 11 - Estrutura topológica do tipo arco-nó-polígono.



Fonte: CÂMARA *et al.* (2001).

- Topologia arco-nó: topologia associada a uma rede linear conectada. Nesta estrutura nenhuma linha poderá estar desconectada das demais, e os nós representam pontos de interseção entre linhas, correspondendo ao seu ponto inicial ou final, como mostra a Figura 12.

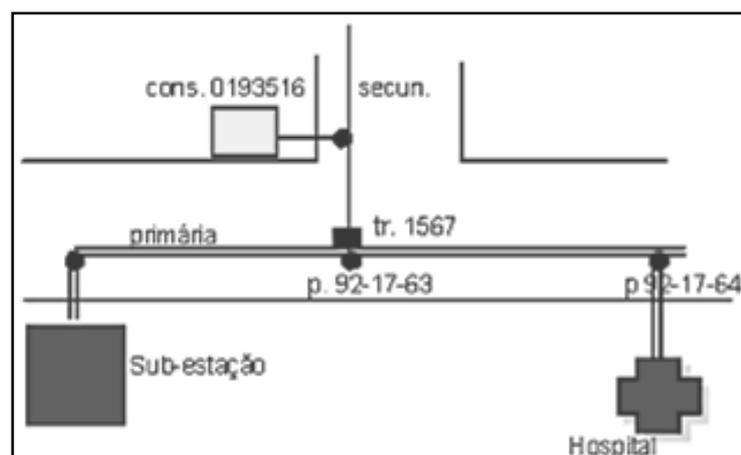


Figura 12 - Exemplo de topologia arco-nó (rede elétrica).

Fonte: CÂMARA *et al.* (2001).

### 3.3.1 Redes

As redes são um tipo de dado que se associam a diversos fenômenos e problemas do mundo real. Como exemplo, tem-se aplicações que envolvem redes de esgoto, redes de água, de telefonia, de gás, redes de drenagem e redes viárias.

Casanova *et al.* (2005) explica que ao se utilizar as redes na modelagem de uma aplicação, o espaço geográfico é concebido como um conjunto de pontos no espaço (chamados de nós), conectados por linhas (chamados arcos), onde tanto os nós quanto os arcos podem possuir atributos.

As redes utilizam a estrutura topológica de arco-nó, constituindo um grafo que contém uma função para associar a cada arco um par de nós, além de armazenar informações como o fluxo de recursos entre localizações geográficas distintas e a acessibilidade.

Entre os diferentes atributos dos arcos de uma rede estão aqueles que implicam no custo do percurso de um nó a outro. Assad e Sano (1998) ressaltam o fato de que, o cálculo de propriedades mensuráveis na rede, emprega em sua maioria, algoritmos que são resolvidos apenas com a topologia e com os atributos de uma rede.

As análises realizadas sobre as redes buscam a solução de diversos problemas que se adequam a situações práticas do mundo real. Segundo Casanova *et al.* (2005) um dos grandes atrativos da utilização do modelo de redes na resolução destes problemas é o seu suporte matemático, a teoria dos grafos, uma área de pesquisa bastante consolidada.

## Capítulo 4.

### MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS

De acordo com Borges (2002), um modelo de dados é um conjunto de conceitos usados para descrever a estrutura e as operações em um banco de dados, objetivando sistematizar o entendimento a respeito dos objetos e fenômenos que serão representados em um sistema de informação.

Para realizar a modelagem de dados e, posteriormente, a transposição de entidades do mundo real para um banco de dados informatizado, faz-se necessária a abstração dos conceitos e das entidades do mundo real a serem analisadas. A qualidade desta abstração implicará no sucesso da implementação do sistema de informação.

Os modelos de dados podem ser classificados em: físicos, lógicos e conceituais. Os modelos de dados físicos descrevem as estruturas físicas de armazenamento. Os modelos de dados lógicos descrevem a estrutura de um banco de dados em um nível de abstração mais próximo das estruturas físicas de armazenamento. E os modelos de dados conceituais capturam a semântica dos dados para modelar e especificar propriedades em um nível de abstração independente da implementação. Alguns exemplares deste modelo são o modelo entidade-relacionamento e o modelo orientado a objeto.

Em se tratando de dados geográficos, estes representam entidades e fenômenos do mundo real que estão associados a uma localização na superfície terrestre, em um determinado instante de tempo. Suas características e propriedades devem ser levadas em consideração na modelagem. Como características fundamentais esses dados possuem características espaciais (posição geográfica e geometria), características não-espaciais (descritivas) e características temporais (variações sobre o tempo). Como propriedades, estes dados possuem propriedades geométricas (comprimento, sinuosidade, perímetro, área, volume, entre outros) e topológicas (posições relativas dos objetos no espaço, como conectividade, orientação, adjacência e contenção).

Para a modelagem de aplicações geográficas têm-se utilizado modelos de dados semânticos e orientados a objetos, no entanto, tais modelos apresentam limitações para a representação espacial. Os modelos de dados para aplicações geográficas têm necessidades especiais para a abstração dos conceitos, para as entidades que devem ser representadas, bem como para o relacionamento existente entre estas.

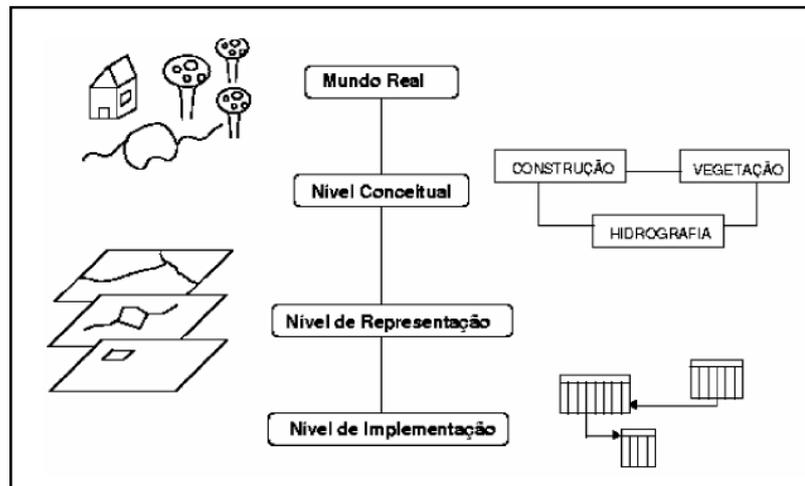
Como propostas de modelos que procuram refletir melhor as necessidades de aplicações geográficas, têm-se modelos que são extensões de modelos criados para aplicações convencionais: GeoOOA, IFO, MODUL-R, GMOD, GISER, MADS, GeoFrame e OMT-G. A escolha do modelo a ser adotado deve observar a clareza, a facilidade de uso, as necessidades da modelagem quanto à abstração de conceitos, e a possibilidade de identificar restrições de integridades espaciais, para que se possa mapear os esquemas para a implementação no SGBD espacial.

#### **4.1. NÍVEIS DE ABSTRAÇÃO**

Os modelos de dados classificam-se de acordo com o nível de abstração do mundo real que apresentam, sendo quatro os níveis de abstração possíveis:

- Mundo Real – contempla as entidades e fenômenos do mundo real que serão representadas, a exemplo dos rios, estradas, redes de distribuição de água, de gás, de energia elétrica, etc;
- Representação Conceitual – em um alto nível de abstração, define-se as classes básicas do banco de dados, nos quais estão associadas às classes de representação espacial;
- Apresentação – neste nível analisa-se e especifica-se as diferentes formas de apresentação (aspectos visuais) que uma entidade geográfica pode assumir na aplicação a ser implementada;
- Implementação – para que cada tipo de representação, seus relacionamentos, funções e métodos sejam implementados, define-se neste nível padrões, formas de armazenamento e estruturas de dados.

**Figura 13 - Níveis de especificação de aplicações geográficas.**



Fonte: CÂMARA *et al.* (2001).

#### 4.2. O MODELO DE DADOS OMT-G

O modelo de dados OMT-G é uma técnica orientada a objetos que atua nos níveis de representação conceitual e apresentação. Ele parte das primitivas definidas para o diagrama de classes UML (*Unified Modeling Language*), adicionando primitivas geográficas que permitem modelar a geometria e a topologia dos dados geográficos. Também permite a especificação de atributos alfanuméricos e métodos para as classes. Segundo Borges (2002), os principais pontos deste modelo são a sua expressividade gráfica e a sua capacidade de codificação.

Conforme Casanova *et al.* (2005), o modelo OMT-G propõe o uso de três diferentes diagramas no processo de desenvolvimento de uma aplicação geográfica (diagrama de classes, diagrama de transformação e diagrama de apresentação), e é baseado em três conceitos principais: classes, relacionamentos e restrições de integridade espacial.

No diagrama de classes descreve-se a estrutura e o conteúdo de um banco de dados geográfico, sendo este diagrama o produto do nível de representação conceitual.

No diagrama de transformação especificam-se as transformações entre classes. Estas transformações ocorrem quando representações são produzidas a partir de outras. Tanto a origem quanto o resultado da transformação são representações de classe, sendo assim, este diagrama também está no nível conceitual de representação.

O diagrama de apresentação pertence ao nível de apresentação. Este diagrama é utilizado para se determinar o aspecto visual ou gráfico dos elementos no papel ou na tela do computador. São especificados aspectos como cor, símbolos, espessuras, preenchimento, etc.

### 4.2.1 Classes

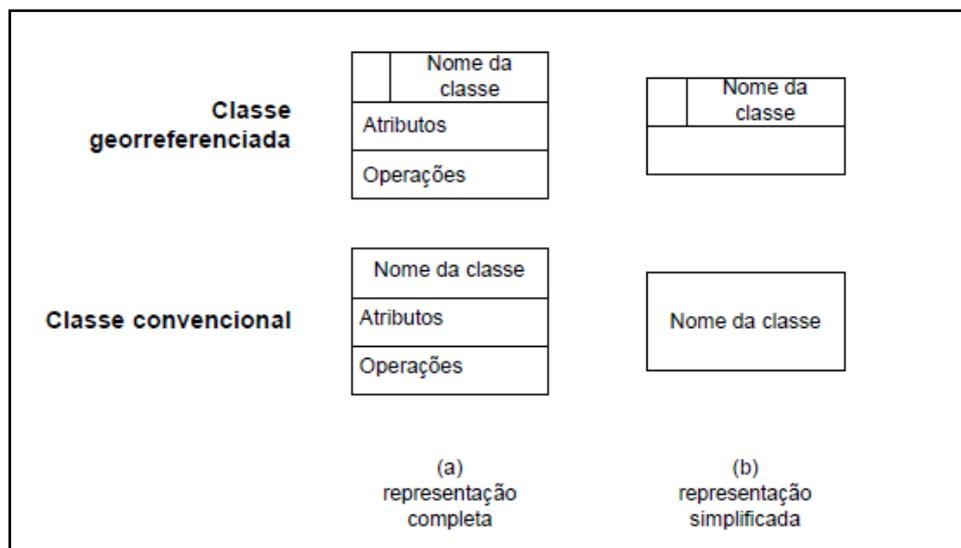
As classes do modelo OMT-G representam os elementos contínuos, discretos e não espaciais encontrados nas aplicações geográficas. Estas classes podem ser georreferenciadas ou convencionais.

Uma classe convencional descreve um conjunto de objetos que não possuem propriedades geométricas, mas que possuem relação com os objetos espaciais da aplicação. O conjunto de objetos possuem propriedades, comportamentos, relacionamentos e semânticas semelhantes.

As classes georreferenciadas descrevem elementos que possuem representação espacial, segundo a visão de campos (objetos contínuos no espaço) e a visão de objetos (objetos individualizáveis). O modelo OMT-G formaliza essa especialização das classes georreferenciadas em classes do tipo Geo-Campo e Geo-Objeto.

Na Figura 14, são mostradas as duas formas de representação das classes convencionais e georreferenciadas. Uma é a representação completa, contemplando atributos e operações, e a outra é a representação simplificada.

**Figura 14 - Notação gráfica para as classes do modelo OMT-G.**



Fonte: CÂMARA *et al.* (2001).

Na visão de campos, qualquer posição no espaço geográfico terá um valor correspondente para a variável representada. As classes Geo-Campo representam, portanto, fenômenos que variam de forma contínua no espaço. No modelo OMT-G esta classe possui outras cinco classes descendentes dela. São estas:

- Amostragem – pontos distribuídos no espaço de forma regular ou irregular;

- Isolinhas – conjunto de linhas fechadas que não se cruzam;
- Subdivisão Planar – subdivisão de todo o domínio espacial em regiões simples que não se sobrepõem;
- Tesselação – subdivisão de todo o domínio espacial em células regulares que não se sobrepõem;
- Rede Triangular Irregular - conjunto de grades triangulares de pontos que cobrem todo o domínio espacial.

Cada uma das subclasses citadas acima possui um padrão simbólico no modelo OMT-G, como pode ser visto na Figura 15.

**Figura 15 - Geo-Campos.**

<b>Rede Triangular Irregular</b>	<b>Isolinha</b>	<b>Polígonos Adjacentes</b>	<b>Tesselação</b>	<b>Amostragem</b>
 Nome da Classe	 Nome da Classe	 Nome da Classe	 Nome da Classe	 Nome da Classe
Atributos Gráficos	Atributos Gráficos	Atributos Gráficos	Atributos Gráficos	Atributos Gráficos
Atributos	Atributos	Atributos	Atributos	Atributos
Operações	Operações	Operações	Operações	Operações
Ex: TIN	Ex: Curvas de Nível	Ex: Divisão de Bairros	Ex: Imagem de Satélite	Ex: Pontos Cotados

Fonte: CÂMARA *et al.* (2001).

Na visão de objetos o modelo OMT-G subdivide a classe Geo-Objeto em Geo-Objeto com Geometria e Geo-Objeto com geometria e topologia. A Geo-Objeto com Geometria representa objetos que possuem apenas propriedades geométricas, enquanto que a Geo-Objeto com Geometria e Topologia representa os objetos que possuem tanto propriedades geométricas quanto topológicas.

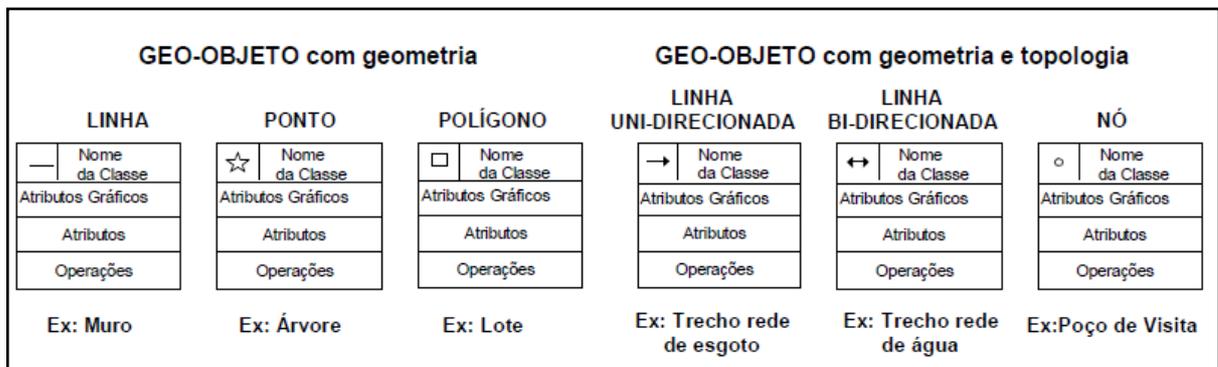
As classes Geo-Objeto com Geometria se especializam em classes do tipo Ponto, Linha e Polígono. Já as classes Geo-Objeto com Geometria e Topologia se especializam em classes do tipo Nó, Linha Uni-direcionada e Linha Bi-direcionada. A seguir, uma breve descrição de cada uma delas:

- Ponto – representa objetos pontuais, com um par de coordenadas, a exemplos de postes, hidrantes, etc;
- Linha – representa objetos lineares sem a necessidade de estarem conectados. Ex: muros e cercas;
- Polígono – representa objetos com área. Estes objetos podem estar conectados, como os lotes de uma quadra, ou isolados, como uma ilha;

- Nó – representa objetos pontuais no início, fim ou no cruzamento de linhas, garantindo a sua conectividade com estas;
- Linha Uni-direcionada – representa objetos lineares que começam e terminam em um nó e possuem uma direção. Esta linha deve estar conectada a nós ou a objetos lineares unidirecionais;
- Linha Bi-direcionada – representa objetos lineares que começam e terminam em um nó e possuem duas direções. Esta linha deve estar conectada a nós ou a objetos lineares bidirecionais.

A Figura 16 mostra o padrão simbólico destas classes no modelo OMT-G:

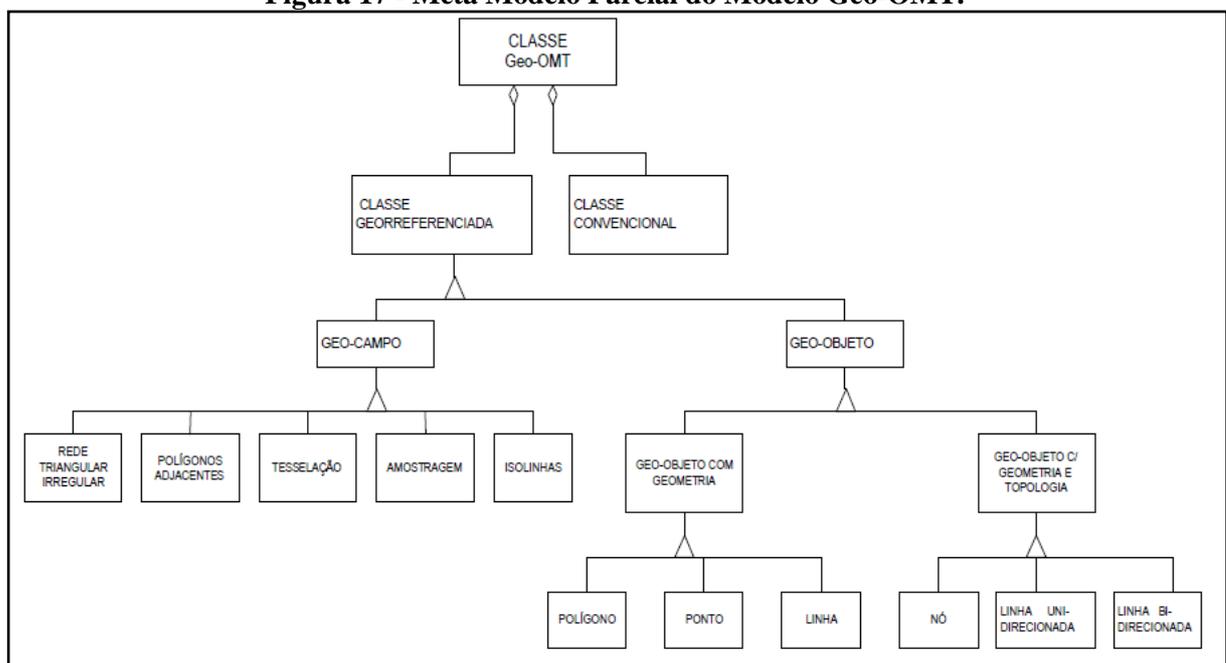
**Figura 16 - Geo-Objetos.**



Fonte: CÂMARA *et al.* (2001).

Na Figura 17 é mostrado o modelo com as classes e as subclasses do modelo OMT-G.

**Figura 17 - Meta Modelo Parcial do Modelo Geo-OMT.**



Fonte: CÂMARA *et al.* (2001).

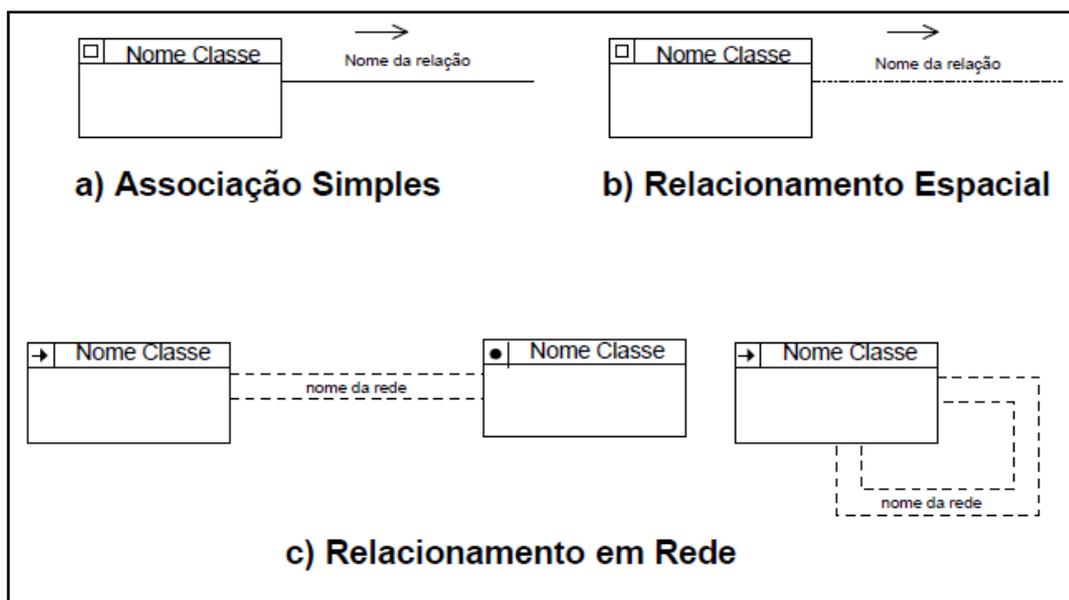
#### 4.2.2. Relacionamentos

Ao considerar a existência de relações espaciais e não espaciais entre os fenômenos do mundo real, o modelo OMT-G reconhece a importância de representar tais relacionamentos em um modelo de dados. Sendo assim, este modelo apresenta três possíveis tipos de relacionamentos entre suas classes que serão demonstrados a seguir:

- Associação simples – representa relacionamentos entre objetos de diferentes classes, podendo estas ser do tipo convencional ou georreferenciada;
- Relações topológicas de rede – são relacionamentos entre objetos que estão conectados uns com os outros, sendo representados estes objetos por nós e arcos (linhas com direção);
- E relações espaciais - representam relações topológicas, métricas, ordinais e fuzzy entre classes espaciais.

A Figura 18 mostra a representação gráfica dos relacionamentos no modelo OMT-G.

**Figura 18 - Relacionamentos.**



Fonte: BORGES (2002).

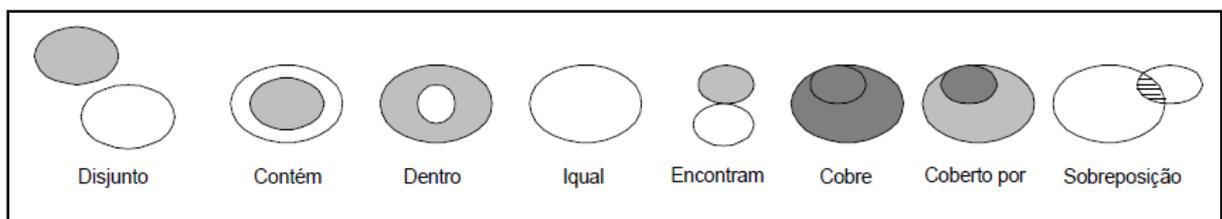
A respeito das relações espaciais, o modelo OMT-G considera as seguintes relações:

- Disjunto – não existe contato entre as classes;
- Contém – a geometria da classe que contém envolve por completo a geometria da classe contida;
- Dentro de – a geometria de uma classe está contida (dentro) da geometria de outra classe;

- Toca – é um caso de relação adjacente, na qual existe um ponto em comum entre as classes que se tocam;
- Cobre/coberto por – uma classe do tipo polígono envolve a geometria de outra classe;
- Sobrepõe – parte da geometria de uma classe é sobreposta a de outra. Há uma interseção de fronteiras;
- Adjacente – geometrias ao lado, contíguas;
- Perto de – indica a proximidade das geometrias, associada a uma distância;
- Acima / Abaixo – Acima é considerado mais alto que sobre e abaixo mais baixo que sob. Nesta relação os objetos estão em planos diferentes;
- Sobre / Sob – objetos no mesmo plano que estão “em cima” ou “em baixo” um do outro;
- Entre – objeto localizado a uma determinada distância de outros dois;
- Coincide – objetos de classes distintas que são considerados iguais em tamanho, geometria e ocupação no espaço;
- Cruza – existe apenas um ponto em comum;
- Atravessa – tem no mínimo dois pontos em comum;
- Em frente a - posição de um objeto em relação a outro. Um objeto está de face para outro;
- À esquerda / À direita – ênfase na lateralidade entre os elementos.

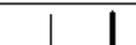
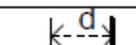
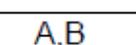
Algumas das relações acima descritas só são possíveis entre determinadas classes, pois dependem da geometria destas. As próximas Figuras 19, 20, 21, 22, 23 e 24 mostrarão as relações espaciais possíveis em virtude das geometrias.

**Figura 19 - Relacionamentos Espaciais entre Polígonos.**



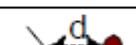
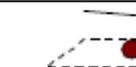
Fonte: BORGES (2002).

Figura 20 - Relacionamentos Espaciais entre Linhas.

LINHA / LINHA	
Disjunto	
Toca	
Cruza	
Coincidente	
Acima/ Abaixo	
Adjacente	
Perto de	
Entre	
Paralelo a	
Sobre	

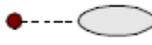
Fonte Adaptada: BORGES (2002).

Figura 21 - Relacionamentos Espaciais entre Linhas e Pontos.

LINHA / PONTO	
Disjunto	
Toca/ Adjacente	
Perto de	
Sobre	
Acima/ Abaixo	

Fonte Adaptada: BORGES (2002).

**Figura 22 - Relacionamentos Espaciais entre Pontos e Polígonos.**

PONTO/POLÍGONO	
Disjunto	
Adjacente / Toca	
Perto de	
Dentro de	
Acima/ Abaixo	
Em frente a	

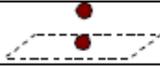
Fonte Adaptada: BORGES (2002)

**Figura 23 - Relacionamentos Espaciais entre Linhas e Polígonos.**

LINHA / POLÍGONO	
Disjunto	
Adjacente	
Perto de	
Dentro de	
Acima/ Abaixo	
Cruza	
Atravessa	
Em frente a	
Toca	

Fonte Adaptada: BORGES (2002).

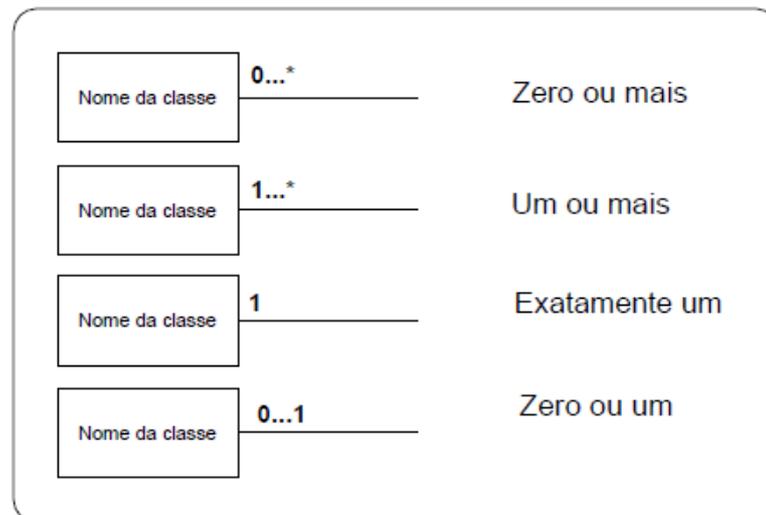
**Figura 24 - Relacionamentos Espaciais entre Pontos.**

PONTO/PONTO	
Disjunto	
Adjacente / Toca	
Perto de	
Coincidente	
Acima/ Abaixo	
Em frente a	

Fonte Adaptada: BORGES (2002).

Os relacionamentos possuem a característica de demonstrar o número de instâncias de uma classe que podem se associar a uma instância da outra classe. Essa característica é representada pela cardinalidade, exemplificada na Figura 25, e no modelo OMT-G, a notação desta é a mesma utilizada na UML. As relações de rede são as únicas que não possuem a cardinalidade explicitada.

**Figura 25 - Cardinalidade.**



Fonte: BORGES (2002).

#### 4.2.3. Restrições de Integridade Espacial

As restrições de integridade espacial são condições especiais que precisam ser cumpridas, para que a consistência espacial seja mantida na entrada dos dados geográficos, e a manutenção da integridade semântica do banco de dados esteja garantida.

Algumas destas restrições consideradas no modelo OMT-G são: regras de dependência espacial, regras de continência, regras de generalização espacial, regras de disjunção, regras de conectividade, entre outras.

## Capítulo 5.

# EXECUÇÃO DA MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS DO SDGN

Para realização da modelagem de um SDGN, foi necessário fazer uma pesquisa exploratória visando o entendimento mais apurado dos elementos que compõem este sistema. Trata-se de uma realidade não trivial, contando com conceitos não inerentes ao senso comum, permeando a engenharia mecânica, civil, elétrica e ainda contando com técnicas de comunicação remota. A pesquisa realizada contou com levantamento bibliográfico, com análise de arquivos e entrevistas informais com engenheiros que atuam nesta área.

Após um entendimento razoável sobre a realidade a ser modelada, foram elencados os principais elementos que compõem o SDGN. Nesta etapa adotou-se como premissa, buscar atender algumas das nomenclaturas e regras impostas pela Agência de Regulação do Estado da Paraíba (ARPB), responsável por regular, controlar e fiscalizar a distribuição de gás canalizado no estado.

### 5.1. FERRAMENTA UTILIZADA

Para execução da modelagem, foi utilizada a ferramenta OMT-G Design, um *plug-in* para o ambiente de desenvolvimento Eclipse, que segue o modelo OMT-G. Segundo Martínez e Frozza (2019), esta ferramenta partiu da análise de doze pré-requisitos, entre eles: documentação, licença, portabilidade, recursos de importação e exportação, modularidade, usabilidade, custo e código aberto. Como resultado foi escolhido o *Eclipse Graphical Modeling Framework* como plataforma base.

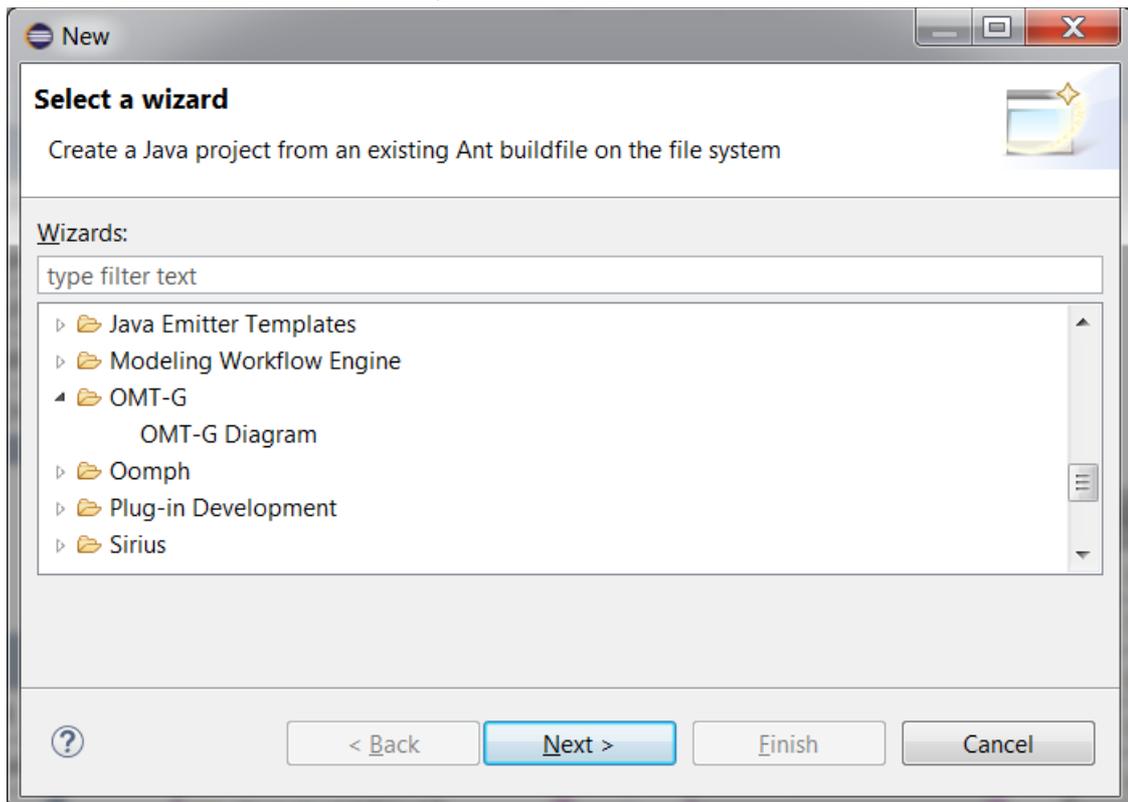
A versão do Eclipse utilizada neste trabalho foi a *Neon.2 Release (4.6.2)*, contendo o *plug-in Eclipse Modeling Discovery UI*, com os componentes *Xpand* (conversão do modelo em código SQL) e *Graphical Modeling Framework Tooling* (diagramação do modelo).

Para instalação do *plug-in* OMT-G Design foi necessário fazer o download de um pacote específico<sup>1</sup>. Já no Eclipse, através do menu *Help*, submenu *Install New Software*, seleciona-se o diretório no qual está salvo o pacote de instalação, a ferramenta OMT-G aparecerá como opção para ser instalada, seleciona-se a mesma e segue-se pelas próximas janelas até o final da instalação.

<sup>1</sup>Disponível em <https://github.com/GEATI-IFC/omt-g-design>

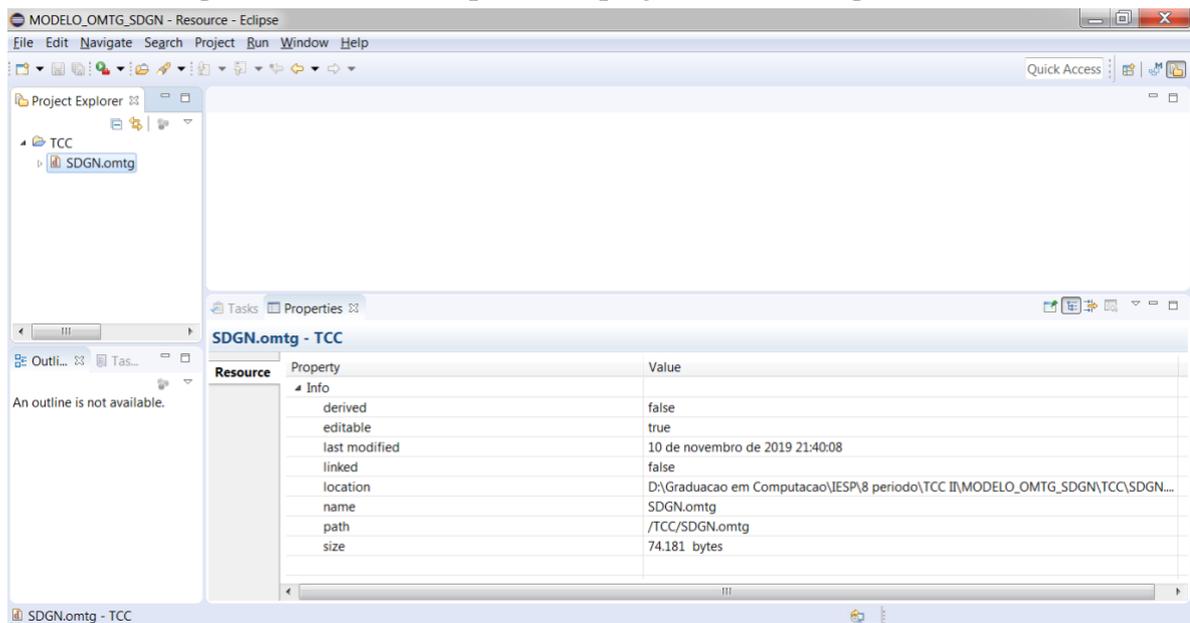
Já no Eclipse, o primeiro passo para realização da modelagem é a criação de um projeto específico para o diagrama OMT-G. Esta criação é feita através dos menus e submenus *File*, *New* e em seguida *Other*. Na tela aberta, seleciona-se o grupo OMT-G e OMT-G *Diagram*, como mostrado na Figura 26. Em seguida define-se o nome do projeto, o local no qual o mesmo será salvo e o nome do diagrama. Neste trabalho o projeto foi nomeado TCC, e o diagrama SDGN (Figura 27).

**Figura 26 - Criação de um projeto OMT-G no Eclipse.**



Fonte: Própria autora (2019).

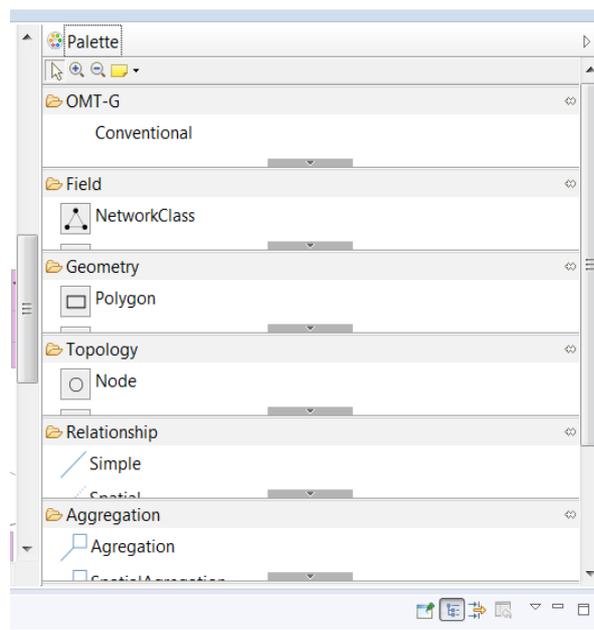
**Figura 27 - Tela do Eclipse com o projeto TCC e o diagrama SDGN.**



Fonte: Própria autora (2019).

O OMT-G *Design* oferece suporte para 12 tipos de classes, sendo 05 referentes à visão geo-campo, 6 referentes à visão geo-objeto e uma classe convencional. Permite ainda a inserção de métodos e atributos, e suporta onze tipos de iterações entre classes. Todos são acessados através de uma área denominada *Palette*, mostrada logo abaixo na Figura 28.

**Figura 28 - Paleta de classes e relacionamentos do OMT-G Design.**



Fonte: Própria autora (2019).

## 5.2. ABSTRAÇÃO DO MUNDO REAL

A distribuição de gás natural canalizado compreende uma série de atividades necessárias para a movimentação do gás do PTC até os consumidores finais.

O PTC é o ponto de partida do SDGN. Nele é realizada a transferência da custódia do gás, passando do supridor para a concessionária, ou seja, para a empresa detentora da concessão do serviço de distribuição. A partir do PTC partem tubos que o interligam a um tipo de ECP, as ERPs ou ERPMS. Esses tubos são parte da rede e são chamados de Linha Tronco.

Toda a rede de distribuição existente é formada por trechos de tubos, e na ligação entre estes trechos existem as conexões. Estas são utilizadas em situações como, por exemplo, quando há mudança de material dos tubos (aço, pead), de diâmetro (63mm, 32mm), de direção.

Ao longo da tubulação também são instaladas válvulas, que servem para bloquear ou regular o fluxo de gás quando necessário. Elas são instaladas dentro de caixas chamadas de caixas de válvula.

Os trechos da tubulação são denominados de rede e de ramal. Este último parte da rede para atendimento de um determinado consumidor. Ao final do ramal vai existir um outro tipo de ECP, o CRM, destinado a regular a pressão e a medir o volume do gás consumido por determinado cliente.

Tanto os CRMs quanto as ERPMS possuem medidores e realizam a medição do volume de gás.

As ERPMS e ERPs recebem o gás em alta pressão (igual ou superior a 13,01 kgf/cm) e reduzem para média pressão (igual ou superior a 4,01kgf/cm<sup>2</sup> e igual ou inferior a 13kgf/cm<sup>2</sup>). Estas estações podem possuir sistema de odorização, que injetam odorante na rede a fim de que o gás natural possua odor e possa ser percebido em casos de vazamento. Vale ressaltar que o gás natural é inodoro.

AS ERPMS, ERPs e caixas de válvula podem possuir equipamentos denominados de Lançador de PIG e Recebedor de PIG, que como o próprio nome diz, lançam e recebem o PIG, um dispositivo usado para limpeza e inspeção das tubulações.

Um outro tipo de ECP existente ao longo da rede de distribuição é a ERS, que regula a pressão, modificando de média para baixa (igual ou superior a 0,05kgf/cm<sup>2</sup> e igual ou inferior a 4,00 kgf/cm<sup>2</sup>).

Em algumas ECPs vai existir um sistema que monitora, controla e mede remotamente, chamado de sistema de medição remota.

Ao longo da tubulação vão existir elementos de sinalização, sendo estes em sua maioria, postes, placas, marcos e tachões. Todos estes elementos encontram-se próximos à tubulação.

A rede de aço conta com um sistema que reduz a velocidade da corrosão. Este sistema é formado por PTEs, retificadores e leitos de anodo. Os dois primeiros conectam-se ao tubo de aço, e o último se conecta ao retificador. Visualmente, estes elementos localizam-se próximos às tubulações. As entidades citadas nesta abstração são do tipo cadastral e rede.

### **5.3. MODELAGEM CONCEITUAL**

Ao realizar a abstração do mundo real, foram então identificados os seguintes elementos que deveriam compor a aplicação geográfica: trechos de tubulação, rede, ramal, ECP, CRM, ERS, ERP, ERPM, PTC, válvulas, conexões, caixa de válvula, lançador de PIG, recebedor de PIG, sistema de odorização, medidores, sistema de medição remota, sinalização, PTE, retificador e leito de anodo.

No universo conceitual, cada um dos elementos citados foi definido com uma classe do modelo. Foi identificada a presença de classes convencionais, por não ser necessária a representação espacial destas na futura aplicação, e de classes georreferenciadas.

As classes identificadas como convencionais foram: medidor, sistema de medição remota, sistema de odorização, lançador de PIG, recebedor de PIG e caixa de válvula. Todos estes elementos encontram-se no mesmo espaço geográfico de outros que serão representados espacialmente no SIG, existindo uma relação simples de pertencimento entre estes.

As classes georreferenciadas, foram modeladas de acordo com a visão de objetos, possuindo estas uma representação vetorial. Cada uma destas classes tiveram suas propriedades geométricas e topológicas analisadas, e foram divididas entre classes com geometria e classes com geometria e topologia.

As classes identificadas apenas com geometria foram: sinalização, pte, retificador e leito de anodo. As três primeiras são representadas graficamente por pontos e a última por linhas. Todas estas classes possuem uma relação espacial de proximidade com a classe que representa os trechos das tubulações. A distância máxima considerada para que estes elementos se relacionem foi de 15 metros.

As classes identificadas com geometria e topologia apresentam entre si um relacionamento topológico em rede, sendo responsáveis por possuir e interferir diretamente no fluxo de gás. Estas classes são representadas por nós e arcos bidirecionais, pois o fluxo do gás pode mudar de direção. As classes representadas por nós são: PTC, ECP, ERPM, ERP, ERS,

CRM, conexões e válvulas. E as classes representadas por arcos bidirecionais são: trechos de tubulação, rede e ramal.

Além das características espaciais, foi possível identificar durante as entrevistas realizadas com engenheiros que atuam na área de distribuição de gás natural, as principais características descritivas que deveriam ser mantidas para cada um dos elementos (classes) do modelo. Estas informações estão detalhadas no Apêndice A.

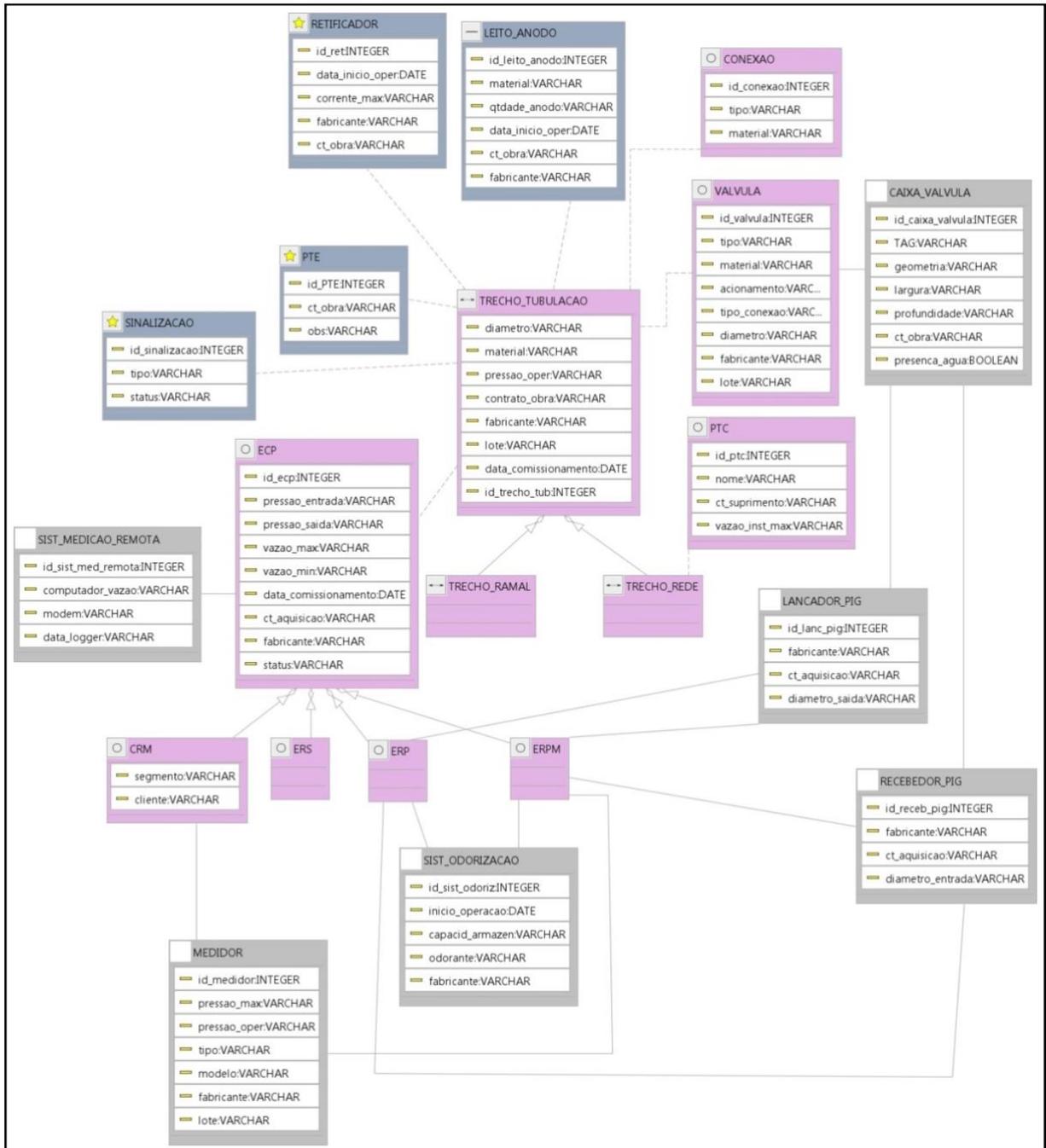
Ao mesmo tempo em que as classes foram sendo identificadas, os relacionamentos simples e espaciais entre estas iam sendo elucidados. Percebeu-se nesta etapa a presença de duas generalizações:

- trecho\_tubulação foi criado como super classe, sendo especializado em trecho\_ramal e trecho\_rede. Estas ultimas possuem os mesmos atributos, apresentando apenas diferença nos relacionamentos;
- ECP foi criado como uma super classe e possui tipos que apresentam atributos e relacionamentos distintos. Os tipos de ECPs CRM, ERS, ERP e ERPM passaram a ser subclasses.

Após modelagem das classes já com seus atributos, e dos relacionamentos, passou-se para as cardinalidades dos relacionamentos, sendo estes acrescentados por meio da aba Properties da ferramenta, não sendo mostrados no desenho da modelagem por uma limitação da ferramenta.

Na Figura 29, segue o resultado final alcançado com a modelagem dos dados geográficos que compõem um SDGN:

**Figura 29 - Modelagem Espacial do SDGN.**



Fonte: Própria autora (2019).

Para facilitar a visualização e a leitura do modelo, as classes foram customizadas para possuírem cores diferentes. As classes com topologia em rede (arco e nó) estão na cor magenta, as classes espaciais com geometria estão na cor azul, e as classes convencionais na cor cinza.

## Capítulo 6.

### CONCLUSÃO

Ao se realizar a modelagem alvo deste livro, foi possível perceber um alto grau de dificuldade na abstração de conceitos de uma realidade bastante específica e complexa. Neste contexto, pode-se perceber a necessidade de um profissional analista de negócios, que possua uma bagagem consistente de conhecimentos na área estudada.

No processo de modelagem das representações e relacionamentos dos elementos geográficos, foi possível sentir a importância de um modelo de dados que forneça os conceitos inerentes ao espaço geográfico. O modelo OMT-G apresentou-se totalmente aderente às necessidades, não sendo possível imaginar a utilização de um modelo convencional para tal fim.

A ferramenta utilizada apresentou boas funcionalidades, deixando a desejar no desenho dos relacionamentos. Foi percebida uma falha no desenho do relacionamento topológico em rede, que deveria possuir linhas duplas, e apresentou linhas simples assim como no desenho do relacionamento espacial. Uma outra falha de considerável relevância foi o fato de a ferramenta não desenhar no modelo as cardinalidades, nem tampouco o nome dos relacionamentos, ficando estes restritos a aba propriedade da ferramenta. Como tal modelo deveria ser exportado para validação com os usuários, esta falha é um tanto quanto impactante.

Por fim, conclui-se que o modelo aqui demonstrado não representa a versão final da etapa conceitual de um projeto de banco de dados geográficos para um SDGN. Recomenda-se que a mesma passe por validações, para que então possa culminar no modelo lógico e físico do BD.

## REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. rev. ampli. Brasília: EMBRAPA – SPI / EMBRAPA – CPAC, 1998.

BORGES, K. A. V. **Modelagem de Dados Geográficos**. UFMG, 2002.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. 2. ed. rev. ampli. São José dos Campos: INPE, 1998. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/)>. Acesso em: 30 out. 2019.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.; D'ALGE, J. C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 2. ed. rev. ampli. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 16 ago. 2019.

CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. **Bancos de Dados Geográficos**. Curitiba : MundoGEO, 2005.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2004.

EPE. **Comparações de Preços de Gás Natural: Brasil e Países Selecionados**. Informe, Rio de Janeiro, 2019.

EPE. **Plano Nacional de Energia 2030**. Gás Natural. Brasília, 2006.

FGV. **Gás Natural**. Caderno FGV Energia. Rio de Janeiro, 2014.

FURTADO, M. **Corrosão – Melhor Proteção Catódica e Revestimentos Controlam Ação Corrosiva de Dutos**. Disponível em: < <https://www.quimica.com.br/corrosao-melhor-protecao-catodica-e-revestimentos-controlam-acao-corrosiva-de-dutos/2/>>. Acesso em: 06 de nov. 2019.

GASBRASILIANO. **Rede de Distribuição**. Disponível em: <<http://www.gasbrasiliano.com.br/a-empresa/rede-de-distribuicao/>>. Acesso em: 25 de nov. 2019.

GASMIG. **Gás Natural**. Disponível em:<  
<http://www.gasmig.com.br/GasNatural/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 14 de ago. 2019.

GOMES, G. S. **Implementação de um Algoritmo de Caminho Mínimo Voltado para as Redes Viárias no Visualizador de Dados Geográficos Terraview**. CEFETPB, 2008.

JUNIOR, C. A. D. **Múltiplas Representações em Sistemas de Informação Geográficos**. (Tese de Doutorado). UFMG, 2000.

MARTÍNEZ, A. O. T; FROZZA, A. A. **OMT-G DESIGN: uma ferramenta para modelagem de dados espaciais**. Disponível em:<  
<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/erbd/2014/0013.pdf>>. Acesso em: 23 de jul. 2019.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília: EMBRAPA informação Tecnológica, 2005.

PETROBRAS. **Discussão sobre o papel de coordenação do mercado de Gás Natural no Brasil**. 2016

PRAÇA, E. R. **Distribuição de Gás Natural no Brasil: um enfoque crítico e de minimização de custos**. (Dissertação de mestrado). UFC, 2003.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. 3. ed. rev. e atual. Juiz de Fora: UFJF, 2007.

SOUZA, E. F.; LEONCIO, P. C. **Aplicação da Tecnologia de Banco de Dados Geográfico Para Análise Dos Objetivos Do Milênio**. UFPR, 2014.

SRI. **Estações de Gás**. Disponível em: < <https://sri.ind.br/estacoes-de-gas/>>. Acesso em: 29 de nov. 2019.

# APÊNDICES

## Apêndice A – Tabelas contendo as características descritivas dos elementos que formam um SDGN

Tabela 1 - Detalhes sobre a entidade trecho\_tubulação.

<b>TABELA: Trecho_tubulacao</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada trecho de tubulação implantado	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_Trecho	Código que identifica unicamente cada trecho de tubulação
Diâmetro	Informa o diâmetro do tubo
Pressão de operação	Pressão que o trecho está operando
Tipo de material	Informa se o tubo é de aço ou pead
Contrato de obra	Contrato de execução de serviço no qual o trecho foi construído
Fabricante	Informa o fabricante do tubo
Lote de fabricação	Informa o lote de fabricação do tubo
Data de comissionamento	Informa a data na qual o trecho foi liberado e começou a operar
Classificação	O trecho pode ser classificado como rede ou ramal

Fonte: Própria autora (2019)

**Tabela 2 - Detalhes sobre a entidade Sistema\_medicao\_remota.**

<b>TABELA: Sistema_medicao_remota</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada sistema de medição remota	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_SMR	Código que identifica unicamente cada trecho de tubulação
modem	Especificação do modem do sistema
Computador de vazão	Especificação do computador de vazão do sistema
Data_logger	Especificação do Data Logger do sistema

Fonte: Própria autora (2019)

**Tabela 3 - Detalhes sobre a entidade ERP.**

<b>TABELA: ERP</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada Estação de Redução Primária	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_ERP	Código que identifica unicamente cada ERP
Fabricante	Informa o fabricante da estação
Data de comissionamento	Data na qual a estação entrou em operação
Vazão máxima	Vazão máxima da estação (m <sup>3</sup> /h)
Vazão mínima	Vazão mínima da estação (m <sup>3</sup> /h)
Pressão de entrada	Pressão de recebimento do gás
Pressão de saída	Pressão de entrega do gás
Contrato de aquisição	Contrato através do qual a estação foi comprada
Status	Informa se a estação está em operação, desativada, entre outras observações sobre a situação da mesma.

Fonte: Própria autora (2019).

Tabela 4 - Detalhes sobre a entidade Sistema\_odorizacao.

<b>TABELA: Sistema_odorizacao</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada Sistema de Odorização	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_Sist_Odor	Código que identifica unicamente cada sistema de odorização
Fabricante	Informa o fabricante do sistema
Data de início da operação	Data na qual o sistema começou a operar
Capacidade de armazenamento	Capacidade de armazenamento de odorante
Tipo de odorante	Informa o odorante utilizado

Fonte: Própria autora (2019)

Tabela 5 - Detalhes sobre a entidade PTC.

<b>TABELA: PTC</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada Ponto de Transferência de Custódia	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_PTC	Código que identifica unicamente cada PTC
Vazão máxima	Vazão máxima da estação (m <sup>3</sup> /h)
Vazão mínima	Vazão mínima da estação (m <sup>3</sup> /h)
Contrato de suprimento vigente	Contrato estabelecido com a empresa supridora
Pressão máxima	Pressão máxima da estação
Pressão mínima	Pressão mínima da estação
Vazão instantânea máxima	Vazão instantânea máxima da estação

Fonte: Própria autora (2019).

**Tabela 6 - Detalhes sobre a entidade ERS.**

<b>TABELA: ERS</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada Estação de Redução Secundária	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_ERS	Código que identifica unicamente cada ERS
Fabricante	Informa o fabricante da estação
Data de comissionamento	Data na qual a estação entrou em operação
Vazão máxima	Vazão máxima da estação (m <sup>3</sup> /h)
Vazão mínima	Vazão mínima da estação (m <sup>3</sup> /h)
Pressão de entrada	Pressão de recebimento do gás
Pressão de saída	Pressão de entrega do gás
Contrato de aquisição	Contrato através do qual a estação foi comprada
Status	Informa se a estação está em operação, desativada, entre outras observações sobre a situação da mesma.

Fonte: Própria autora (2019).

Tabela 7 - Detalhes sobre a entidade Caixa\_valvula.

<b>TABELA:</b> Caixa_valvula	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre as caixas nas quais estão as válvulas	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_caixa de valvula	Código que identifica unicamente cada Caixa
Contrato de obra	Contrato no qual a Caixa foi construída ou instalada
Numeração	Numeração colocada em cada caixa
Comprimento	Comprimento da Caixa
Presença de água	Informa se a Caixa está sujeita a alagar
Geometria	Informa se a Caixa é cúbica, cilíndrica. Especifica a forma geométrica da caixa
Diâmetro	Informa o diâmetro da Caixa
Profundidade	Informa a profundidade da Caixa
Largura	Informa a largura da Caixa

Fonte: Própria autora (2019).

**Tabela 8 - Detalhes sobre a entidade Valvula.**

<b>TABELA: Válvula</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre as válvulas	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_valvula	Código que identifica unicamente cada valvula
Fabricante	Informa o fabricante da válvula
Contrato de aquisição	Informa o contrato de compra da válvula
Diâmetro	Informa o diâmetro da válvula
Lote de fabricação	Informa o lote da válvula
Tipo	Informa se a válvula é esfera, globo...
Tipo da conexão	Informa se a conexão é flangeada, roscada, soldada
Material	Informa se é de aço ou pead
Acionamento	Informa se o acionamento da válvula é por haste, por volante

Fonte: Própria autora (2019).

**Tabela 9 - Detalhes sobre a entidade CRM.**

<b>TABELA: CRM</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada Conjunto de Regulagem e Medição	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_CRM	Código que identifica unicamente cada CRM
Fabricante	Informa o fabricante do CRM
Data de comissionamento	Data na qual o CRM entrou em operação
Vazão máxima	Vazão máxima do CRM (m <sup>3</sup> /h)
Vazão mínima	Vazão mínima do CRM (m <sup>3</sup> /h)
Pressão de entrada	Pressão de recebimento do gás
Pressão de saída	Pressão de entrega do gás
Contrato de aquisição	Contrato através do qual o CRM foi comprado
Status	Informa se o CRM está em operação, desativado, entre outras observações sobre a situação do mesmo.
Segmento	Informa se o cliente é residencial, comercial, industrial ou GNV

Fonte: Própria autora (2019)

**Tabela 10 - Detalhes sobre a entidade ERPM.**

<b>TABELA: ERPM</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada ERPM	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_ERPM	Código que identifica unicamente cada ERPM
Fabricante	Informa o fabricante da estação
Data de comissionamento	Data na qual a estação entrou em operação
Vazão máxima	Vazão máxima da estação (m <sup>3</sup> /h)
Vazão mínima	Vazão mínima da estação (m <sup>3</sup> /h)
Pressão de entrada	Pressão de recebimento do gás
Pressão de saída	Pressão de entrega do gás
Contrato de aquisição	Contrato através do qual a estação foi comprada
Status	Informa se a estação está em operação, desativada, entre outras observações sobre a situação da mesma.

Fonte: Própria autora (2019)

**Tabela 11 - Detalhes sobre a entidade Lancador\_PIG.**

<b>TABELA: Lancador_PIG</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada Lançador de PIG	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_LPIG	Código que identifica unicamente cada Lançador de PIG
Fabricante	Informa o fabricante do Lançador
Contrato de aquisição	Contrato através do qual o lançador foi comprado
Diâmetro de saída	Diâmetro do lançador para saída do PIG

Fonte: Própria autora (2019)

**Tabela 12 - Detalhes sobre a entidade Retificador.**

<b>TABELA: Retificador</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada Retificador	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_ret	Código que identifica unicamente cada retificador
Data de inicio operação	Data na qual o retificador começou a operar
Corrente máxima	Corrente máxima do retificador
Fabricante	Informa o fabricante do retificador
Contrato de obra	Contrato no qual o retificador foi instalado

Fonte: Própria autora (2019)

**Tabela 13 - Detalhes sobre a entidade Leito\_Anodo.**

<b>TABELA: Leito_Anodo</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada Leito de Anodo	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_LEITO_ANODO	Código que identifica unicamente cada Leito de Anodo
Material	Material do Leito de Anodo
Quantidade Anodo	Informa a quantidade de anodo
Data inicio da obra	Informa a data que iniciou a instalação do Leito de Anodo
Contrato da obra	Informa o contrato de instalação do Leito de Anodo
Fabricante	Informa o fabricante do Leito de Anodo

Fonte: Própria autora (2019)

**Tabela 14 - Detalhes sobre a entidade PTE.**

<b>TABELA: PTE</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada PTE	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_PTE	Código que identifica unicamente cada PTE
Contrato de Obra	Contrato no qual o PTE foi instalado
Observação	Informação a mais que deva ser pontuada sobre o PTE

Fonte: Própria autora (2019)

**Tabela 15 - Detalhes sobre a entidade Sinalização.**

<b>TABELA: Sinalização</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada elemento de sinalização	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_Sinalização	Código que identifica unicamente cada elemento de sinalização
Tipo	Informa se é uma placa, tachão, marco quilométrico ou poste
Status	Informa o estado de conservação da sinalização

Fonte: Própria autora (2019)

**Tabela 16 - Detalhes sobre a entidade Conexao.**

<b>TABELA: Conexao</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada conexão	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_Conexão	Código que identifica unicamente cada conexão
Tipo	Informa se é um tê, uma luva, um cotovelo, etc.
Material	Informa se é de aço, pead.

Fonte: Própria autora (2019)

**Tabela 17 - Detalhes sobre a entidade Medidor.**

<b>TABELA: Medidor</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre cada medidor	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_Medidor	Código que identifica unicamente cada medidor
Pressão máxima	Pressão máxima do medidor
Pressão de Operação	Pressão na qual o medidor está operando
Tipo	Informa se é rotativo, diafragma
Modelo	Informa o modelo do medidor
Fabricante	Informa o fabricante do medidor
Lote	Informa o lote de fabricação do medidor

Fonte: Própria autora (2019)

**Tabela 18 - Detalhes sobre a entidade Recebedor\_PIG.**

<b>TABELA: Recebedor_PIG</b>	
<b>DESCRIÇÃO:</b> características descritivas que devem ser mantidas sobre recebedor de PIG	
<b>ATRIBUTO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ID_LPIG	Código que identifica unicamente cada Recebedor de PIG
Fabricante	Informa o fabricante do Recebedor
Contrato de aquisição	Contrato através do qual o Recebedor foi comprado
Diâmetro de entrada	Diâmetro do recebedor para entrada do PIG

Fonte: Própria autora (2019)

