# UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**


# MODELO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO E DECISÃO PARA O PLANEJAMENTO DAS INTERVENÇÕES DE MELHORIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE

PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE

POR


ANA PAULA DA SILVA FARIAS

Orientadora: Profa. Danielle Costa Morais, D.Sc.



RECIFE, JULHO / 2008.

# Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

**F224m** **Farias, Ana Paula da Silva.**

Modelo de sistema de informação e decisão para o planejamento das intervenções de melhoria em redes de distribuição de sistemas de abastecimento de água / Ana Paula da Silva Farias - Recife: O Autor, 2008.

xii, 79 folhas., il., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2008.

Inclui Referências Bibliográficas.

1. Engenharia de Produção. 2. Sistemas de informação e decisão. 3. Recursos hídricos. 4. Redes de distribuição de água. 5. Intervenções de melhoria. 6. Reabilitação. I. Título.

**658.5 CDD (22. ed.)** **BCTG/2008-150**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA

DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE

MESTRADO ACADÊMICO DE

**ANA PAULA DA SILVA FARIAS**

"MODELO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO E DECISÃO PARA O PLANEJAMENTO DAS INTERVENÇÕES DE MELHORIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GERÊNCIA DA PRODUÇÃO

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera a candidata ANA PAULA DA SILVA FARIAS **APROVADA.**

Recife, 01 de julho de 2008.

Danielle Costa Morais

Profa. DANIELLE COSTA MORAIS, Doutor (UFPE)

Profa. ANA PAULA CABRAL SEIXAS COSTA, Doutor (UFPE)

Prof. ANTONIO DE VASCONCELLOS CARNEIRO CAMPELLO, Doutor (UFPE)

# AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais uma etapa vencida.

À professora Danielle Costa Morais, D. Sc., pela orientação e ensinamentos.

A todos os professores que fazem parte do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pelo aprendizado adquirido em sala de aula.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo auxílio financeiro do meu curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

Aos meus colegas de curso, pelas constantes trocas de informações e experiências.

Às amigas: Marcella, Keynis e Arquimécia, pelas horas dedicadas ao estudo e aos momentos de descontração que compartilhamos nesse período. Formamos uma bela equipe!

À professora Débora Paschoal, D. Sc., do Centro de Ciências Sociais e Aplicadas (CCSA), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), por me estimular, desde a conclusão da minha graduação, a continuar meu aperfeiçoamento profissional.

À professora Maria Goretti Fernandes, D. Sc., a quem devo uma menção honrosa, já que foi a pessoa que mais me incentivou a estar vivendo esse momento. Obrigada por estar presente em todas as etapas de desenvolvimento desse trabalho, agüentando os períodos de ansiedade para a conclusão de todo o processo.

Aos familiares e amigos que torceram por mim e estão comemorando junto comigo a realização de mais um sonho.

Aos meus pais, peças fundamentais em toda a minha formação profissional. A quem dedico esse trabalho. Agradeço, especialmente, porque sei que, independente da escolha que eu faça, vou ter sempre o apoio incondicional dos dois.

# RESUMO

A água é um dos recursos naturais mais importantes para o desenvolvimento das diversas regiões do planeta. Sem a água, várias atividades ficam comprometidas, desde as necessidades domésticas até as relacionadas ao desenvolvimento econômico e social dos países. Gerenciar tal recurso de forma otimizada para atender a população, em quantidade e qualidade satisfatórias, é o grande desafio dos responsáveis por esse gerenciamento. E esse desafio torna-se ainda mais complexo quando se constata o envelhecimento das infra-estruturas de abastecimento de água, em especial, das redes de distribuição que, ao longo dos anos, vêm apresentando diversos problemas, seja de ordem estrutural ou hidráulica. Dentro deste contexto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a respeito dos sistemas de informação e decisão, bem como sobre o entendimento do problema de planejamento para as intervenções de melhoria das redes de abastecimento, onde se procurou conhecer as tecnologias existentes para a implantação das intervenções e os problemas a elas associados. Observou-se, ao longo do estudo, os sistemas de monitoramento e de informações das redes de distribuição, juntamente com a análise de uma metodologia de apoio à decisão que fosse mais adequada ao tratamento do problema. Assim, esta dissertação vem propor um modelo de sistema de informação e decisão, que auxilie, efetivamente, os gestores nas atividades de planejamento das intervenções de melhoria em redes de distribuição de sistemas de abastecimento de água.

*Palavras-chave: Sistemas de informação e decisão, recursos hídricos, redes de distribuição de água, intervenções de melhoria, reabilitação.*

# ABSTRACT

Water is one of the most important natural resources in the development of various regions on Earth. Without it several activities are impossible, from household necessities to countries socio-economic development. Regulating such resource effectively for the benefit of the population, both in quantity and in quality, is the authorities biggest challenge that becomes even more complex considering the ageing of water supply infrastructures and the distribution systems, mostly, that later present various structural and hydraulic problems. Thus, a bibliographic research on information systems, decision support and the understanding of a planning difficulty during network supplies enhancement was established in this paper, where existing technologies actions and problems were found, and the network supply information and monitoring systems observed throughout, with a better decision support concerning the problem analyzed. This thesis offers a microcosm of information system and decision to effectively assist administrators in their projects of enhancing water supply distribution systems.

*Keywords: Information systems and decision, hydric resources, water supply networks, enhancement/improvement actions, rehabilitation.*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO..... 1
1.1 Justificativa ..... 2
1.2 Objetivos ..... 4
1.2.1 Objetivo geral ..... 4
1.2.2 Objetivos específicos ..... 4
1.3 Estrutura da dissertação ..... 5
2. BASE CONCEITUAL ..... 6
2.1 Sistemas ..... 6
2.2 Sistemas de informação ..... 8
2.2.1 Dado e informação ..... 10
2.2.2 Tipos de sistemas de informação ..... 11
2.3 Processo de decisão ..... 13
2.3.1 Decisões nos diferentes níveis gerenciais ..... 16
2.4 Sistemas de apoio à decisão ..... 18
2.4.1 Breve histórico ..... 18
2.4.2 Definição e principais características ..... 19
2.4.3 Ambiente do SAD ..... 20
2.4.3.1 Níveis de tecnologia, pessoal envolvido e abordagem de desenvolvimento 20
2.4.3.2 Diferentes visões do processo de desenvolvimento ..... 21
2.4.4 Arquitetura do SAD ..... 22
3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA ..... 24
3.1 A água e a sua disponibilidade ..... 24
3.2 A evolução do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil ..... 25
3.3 Múltiplos usos das águas brasileiras ..... 29
3.4 Números do abastecimento de água nas regiões brasileiras ..... 30
3.5 Sistema de abastecimento de água e seus componentes ..... 31
3.6 As redes de distribuição e seus componentes ..... 34
3.7 Melhorias nas redes de distribuição dos SAA ..... 35

3.7.1 Principais problemas encontrados ..... 36
3.7.2 A reabilitação das redes de distribuição dos SAA ..... 38
3.7.3 Principais tecnologias e métodos de reabilitação de redes de distribuição ..... 39
3.7.4 Técnicas de reabilitação de redes de distribuição mais utilizadas ..... 40
4. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E DECISÃO PARA SAA ..... 45
4.1 Medidas para reabilitação de SAA ..... 47
4.2 Principais SAD para reabilitação de redes de abastecimento de água ..... 48
4.2.1 Modelo UtilNets ..... 50
4.2.2 Modelo CARE-W ..... 51
5. MODELO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO E DECISÃO ..... 53
5.1 Etapa preliminar de construção ..... 53
5.2 Caracterização sumária do SAA ..... 55
5.3 Avaliação das oportunidades de melhoria do sistema ..... 59
5.4 Diagnóstico completo do sistema ..... 61
5.4.1 Simulação do método WRIAM ..... 66
5.5 Definição das linhas de ação, seleção e escolha da melhor alternativa ..... 67
5.6 Registro, monitoramento e controle dos resultados ..... 69
5.7 Discussão do modelo ..... 69
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ..... 71
6.1 Conclusões ..... 71
6.2 Sugestões para trabalhos futuros ..... 73
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 74

# LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Funções básicas de interação de um sistema ..... 8

Figura 2.2 – Funções básicas de interação de um sistema de informação ..... 10

Figura 2.3 – Modelo de Simon ..... 14

Figura 2.4 – Modelo de Huber ..... 15

Figura 2.5 – Arquitetura dos SAD ..... 22

Figura 3.1 – Relação oferta/demanda de água ..... 28

Figura 3.2 – Representação espacial do índice de atendimento total de água ..... 30

Figura 3.3 – Sistema de abastecimento de água ..... 32

Figura 3.4 – Conduto antes de reabilitar e reabilitado ..... 41

Figura 3.5 – Re-entubamento simples ..... 42

Figura 3.6 – Layout de uma operação típica de *pipe bursting* ..... 43

Figura 3.7 – Processo de rebentamento da tubagem existente ..... 43

Figura 3.8 – Tubo dobrado ..... 44

Figura 5.1 – Etapa de caracterização sumária do sistema ..... 56

Figura 5.2 – Fluxograma do modelo ..... 58

Figura 5.3 – Etapa de avaliação das oportunidades de melhoria ..... 59

Figura 5.4 – Etapa de diagnóstico completo do sistema ..... 62

Figura 5.5 – Etapa de desenho das linhas de ação, seleção e escolha ..... 68

Figura 5.6 – Etapa de registro, monitoramento e controle ..... 69

# LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos ..... 27

Tabela 3.2 – Quantidade de ligações ativas de água ..... 31

Tabela 3.3 – Tipo de reabilitação e operações ..... 39

Tabela 5.1 – Listas de problemas, causas e efeitos ..... 60

Tabela 5.2 – Resultados da matriz de avaliação ..... 66

Tabela 5.3 – Problema de quebra ..... 66

# SIMBOLOGIA

SAA – Sistemas de Abastecimento de Água

SIT – Sistemas de Informação Transacional

SIG – Sistemas de Informação Gerencial

SAD – Sistemas de Apoio à Decisão

DDM – Diálogos, Dados e Modelos

BD – Banco de Dados

BM – Banco de Modelos

SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados

SGBM – Sistema Gerenciador de Banco de Modelos

DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

ANA – Agência Nacional de Águas

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

MMA – Ministério do Meio Ambiente

SRH – Secretarias de Recursos Hídricos

CERH – Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos

UNESCO – Organização das Nações Unidas

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

ETA – Estação de Tratamento de Água

ABRATT - Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva

WRIAM - *Water Resources Issues Assessment Method*

RIAM - *Rapid Impact Assessment Method*

ELECTRE - *Elimination and Choice Translating Algorithm*

PROMETHEE - *Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*

# 1 INTRODUÇÃO

Na busca pelo desenvolvimento econômico e social, muitos países enfrentam desafios essenciais como, por exemplo, a erradicação da pobreza; o estabelecimento de novos padrões de consumo e produção; e, a proteção e gestão de seus recursos naturais. Dentro desse contexto, a água representa um papel fundamental, pois a saúde e bem-estar dos homens, a produção de alimentos, o crescimento industrial e ecossistemas dependem dela. A sua escassez, o consumo exagerado e outros problemas relacionados a esse recurso hídrico podem representar uma séria e crescente ameaça para o meio ambiente e para a sociedade (Lima, 2007).

Isso porque a água é um dos recursos naturais mais intensamente utilizados, sendo empregada em praticamente todas as esferas da vida econômica e tem uma importância fundamental no desenvolvimento das diferentes regiões do globo terrestre, bem como na manutenção do nível de vida da população. E possui uma característica bastante relevante: não há produto semelhante que possa substituí-la (Svintsov, 2001).

Devido ao seu múltiplo uso, durante toda a história dos seres humanos, foi se tornando crescente o nível de exigência para obtenção da mesma, tanto em termos de qualidade, como de quantidade. As sociedades ficaram mais modernas, mais complexas e, para garantir a sua sobrevivência, passaram a reivindicar mais segurança no suprimento da água e maiores aportes tecnológicos por parte dos fornecedores (Heller, 2006a).

O fornecimento da água, com qualidade para o consumo e em quantidade suficiente para o atendimento da demanda populacional, é feito pelo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de cada região. Esse sistema pode ser entendido como infra-estrutura de suporte de um serviço básico para a saúde pública (Grilo, 2007).

No entanto, em muitas cidades do mundo, esses sistemas vêm apresentando deficiências operacionais, seja pelo elevado incremento na demanda nos últimos anos ou pela falta de manutenção adequada. Interrupções constantes no fornecimento da água podem estar associados a problemas de canalização como quebras, fugas inexplicáveis de água e/ou corrosão dos componentes, o que compromete a função principal dos SAA que é a distribuição de água potável contínua e dentro dos limites necessários à utilização (Sherali & Smith, 1997; Savic *et al*., 1997*)*.

Como toda essa infra-estrutura de abastecimento foi construída sob padrões e práticas já ultrapassados tecnologicamente, pode ser praticamente inviável, do ponto de vista econômico,

substituí-la. Para lidar com questões desse tipo, sistemas de informações podem ser usados, a fim de auxiliar na inspeção, controle, operação, manutenção e reabilitação adequada (Saegrov *et al.*, 1999).

Os sistemas de informações que apóiam as decisões de melhoria em SAA são de grande importância nessas situações. A intenção é que estes auxiliem os gestores na hora de planejar o que fazer para melhorar a performance do sistema (substituir, duplicar alguns trechos de tubulações, válvulas ou bombas, construir elevatórias, adicionar novos componentes etc), ou seja, é exercer uma função crucial na hora do decisor eleger quais componentes adicionar ou utilizar, com o objetivo de maximizar benefícios resultantes das alterações e proporcionar a melhoria do sistema como um todo (Venturini *et al.*, 2001).

## 1.1 Justificativa

A água, considerada fonte de vida, é um direito de todos. Devido a fatores como o crescimento exponencial da população, as mudanças climáticas, o modelo de desenvolvimento adotado pelas regiões, a desigual distribuição temporal e espacial dos recursos e a má qualidade da água disponível, um grande contingente de pessoas, em todo o mundo, não tem acesso a esse recurso na quantidade e qualidade desejável, o que, por sua vez, deveria ser um direito indiscutível (Vieira, 2006; Mattei, 2005; Heller, 2006a).

Um fator que pode contribuir para melhorar o acesso das pessoas a água é o estudo do SAA, item importante para o bem-estar da sociedade, mas que vem envelhecendo com o passar do tempo, nas dimensões física e funcional e requer ações que o torne eficiente novamente. Os SAA ineficientes são aqueles que não conseguem mais cumprir a função para os quais foram projetados, ou seja, satisfazer as necessidades dos usuários, em termos de qualidade e quantidade de água fornecida (Venturini & Barbosa, 2002).

É fundamental que se planeje e se mantenha uma infra-estrutura adequada para suprir essas necessidades. E isso pode implicar em investir nas atividades de melhoria dos SAA, principalmente nas suas redes de distribuição, a fim de que os mesmos sejam capazes de assegurar a manutenção da capacidade hidráulica das cidades, evitando futuros problemas como possíveis quebras e vazamentos (Sherali & Smith, 1997; Hadzilacos *et al*., 2000).

A importância desses sistemas de distribuição de água deve-se ao fato do mesmo ter como objetivo: garantir que a água produzida e veiculada pelas unidades anteriores chegue até os consumidores finais, sem a deterioração da sua qualidade e com a quantidade, pressão e

continuidade estabelecidas pela boa técnica e pelas normas oficiais aplicáveis. Outro fator relevante a ser levado em consideração, é que a rede é a mais extensa unidade do SAA e precisa ser constantemente monitorada (Prince, 2006).

Então, cuidar das redes de distribuição pode ajudar no acesso da população a água. O estudo apurado de itens como idade da canalização, tipo de ambiente no qual está inserido e as condições em que os principais serviços são operados evitam, na medida do possível, pausas no fornecimento, perdas de água e corrosão de componentes, minimizando assim, despesas maiores, por exemplo, com energia e com o descontentamento do consumidor (Savic & Walters, 1999).

Lidar com essas questões não se constitui numa tarefa fácil, rotineira. Vários são os aspectos que precisam ser analisados, principalmente em relação aos impactos que as decisões atuais podem causar no sistema futuramente. Planejar as intervenções de melhorias nas redes de distribuição de SAA é importante para o controle efetivo da operação, além de ser uma forma de garantir que as tarefas estejam dentro dos padrões técnicos satisfatórios e com custos aceitáveis (Venturini *et al.*, 2001).

Novas ferramentas para o planejamento e gerenciamento dessas atividades são necessárias para permitir que os envolvidos no processo de decisão considerem e analisem as complexas situações em conjunto. A junção de elementos como a crescente complexidade da administração dos múltiplos usos da água (forçando a melhoria da dinâmica gerencial) e a oferta de serviços gerada pelo desenvolvimento tecnológico, leva a sistemas de informações para recursos hídricos (Cirilo *et al*., 2000).

Aplicados desde a década de 80 em hidrologia (a ciência que estuda a água na natureza, no contexto do ciclo hidrológico), o sistema de informação e apoio à decisão associado a administração das redes de abastecimento de água, trabalha na operação de reservatórios, no gerenciamento de bacias hidrográficas, na avaliação de riscos de contaminação de água subterrânea, na calibração de modelos hidrológicos, no gerenciamento da qualidade da água, no alerta a inundações, dentre outras áreas (Nakayama, 1998).

Esse sistema, segundo Mattei (2005), pode ser usado pelos gestores de recursos hídricos porque ele tem como função principal tornar os elementos básicos do processo de decisão (critérios, objetivos, restrições) mais explícitos. Também é responsável pela ajuda a todos envolvidos na análise de um problema trivial, estabelecendo uma linguagem comum e uma forma de pensar estruturada; as suas características gráficas apóiam a comunicação entre

atores interessados, com diferentes formações; e, analisam possíveis retroações e conflitos, podendo ajudar com modelos de otimização e simulação.

De acordo com Heller (2006b), nas questões relativas ao abastecimento de água, raramente há uma solução única para determinado problema. Mesmo que seja vislumbrada com maior clareza uma solução, outras possibilidades podem ser cogitadas. Enxergar mais de um caminho para resolução de um problema é fundamental. Ponderar aspectos positivos e negativos de cada caminho é ideal para tomar decisões da forma mais consciente possível. Com a percepção de que cada decisão traz implicações do tipo econômica, social, operacional etc, o processo de decidir torna-se determinante. A melhor solução para problemas de abastecimento de água não é, necessariamente, a mais segura, a mais econômica ou a mais moderna e sim aquela mais apropriada à realidade social que será aplicada.

Portanto, o grande desafio desse trabalho é construir um modelo de sistema de informação e decisão que possa contribuir, de forma positiva, nas ações de planejamento das intervenções de melhorias das redes de distribuição dos SAA das cidades, de modo que os responsáveis pelas decisões tenham, a sua disposição, o maior número de informações possíveis para avaliar o impacto de cada alternativa que poderá ser implementada, escolhendo, dentre essas, a que melhor se adequar a cada situação.

## 1.2 Objetivos

O presente trabalho possui como objetivos geral e específicos os apresentados a seguir.

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho é propor um modelo de sistema de informação e decisão que contribua, efetivamente, no planejamento das intervenções de melhorias nas redes de distribuição dos sistemas de abastecimento de água.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Pesquisa bibliográfica associada a sistemas de informação e decisão, bem como sobre o entendimento do problema do planejamento das intervenções de melhoria em sistemas de abastecimento de água;

- Levantamento das tecnologias existentes para implantação das intervenções, bem como os problemas a ela associados;

- Estudo sobre o aprimoramento dos sistemas de monitoramento e de informações da rede de distribuição;

- Análise da metodologia de apoio à decisão mais adequada para o tratamento do problema;

- Modelagem de um sistema de informação e decisão para o planejamento das intervenções de melhoria em sistemas de abastecimento de água.

## 1.3 Estrutura da Dissertação

A dissertação está estruturada da seguinte forma:

No capítulo I encontra-se a introdução, a justificativa do estudo e os objetivos geral e específicos.

A base conceitual, que aborda temas como a formação de sistemas, os sistemas de informação, o processo de decisão e, especificamente os sistemas de informação e decisão, está no Capítulo II.

O capítulo III refere-se a caracterização do problema, apresentando itens como a disponibilidade de água no Brasil e no mundo, a evolução do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil, o conceito e os principais componentes do sistema de abastecimento de água, dados importantes do sistema de abastecimento de água brasileiro, a rede de distribuição e seus componentes e os principais tipos de intervenção de melhorias.

No capítulo IV é abordado o tema de sistemas de apoio à decisão para recursos hídricos, quais as metodologias de apoio à decisão existentes nessa área, bem como, os principais modelos de sistemas de informação que tratam da reabilitação de redes de distribuição de água.

A composição do modelo de sistema de informação e decisão proposto é apresentada no capítulo V.

No capítulo VI estão as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

E, por fim, complementando o estudo, estão as referências bibliográficas.

# 2 BASE CONCEITUAL

Este capítulo aborda o conceito de sistemas e, mais especificamente, a definição e principais características dos sistemas de informação, bem como a diferenciação existente entre dados e informação. Logo em seguida, comenta-se sobre o processo decisório e o sistema de apoio à decisão.

## 2.1 Sistemas

Os sistemas podem ser entendidos como um grupo de partes interagentes e interdependentes que, conjuntamente, forma um todo unitário com objetivo e função determinados (Oliveira, 2002). Definido por seus objetivos, ambiente (localizado fora do sistema), limites, restrições, entradas, saídas, componentes e suas inter-relações (Mittra, 1996), o sistema dessa ordem possui uma estrutura composta por três funções básicas de interação (Maximiano, 1997; O'Brien, 2003):

- Entrada: envolve a captação e reunião de elementos que entram no sistema para serem processados. São os recursos ou insumos do sistema, que podem ser formados por pessoas, equipamentos, máquinas, procedimentos, tecnologia, informação etc.
- Processamento: envolve processos de transformação que convertem insumo em produto.
- Saída: envolve a transferência de elementos produzidos por um processo de transformação até seu destino final. São os resultados do sistema, os objetivos pretendidos ou realmente atingidos.

Um sistema torna-se mais útil com a inclusão de dois componentes adicionais na sua estrutura: *feedback* e controle. O primeiro trabalha com os dados de desempenho do sistema. Já o segundo, envolve o monitoramento e avaliação de *feedback* para determinar se um sistema está se dirigindo para a realização de sua meta. Essa função realiza os ajustes necessários aos componentes de entrada e processamento de um sistema para que seja garantido o alcance da produção adequada (O'Brien, 2003).

Diversas são as classificações aceitas para os sistemas, dentre elas estão as adotadas por Davis (1974) e Stair (1998), apresentadas a seguir.

Para Davis (1974), os sistemas podem ser:

- Abstrato: com arranjo de idéias ou construções interdependentes;
- Físico: conjunto de elementos concretos que operam em conjunto pra atingir determinado objetivo;
- Determinístico: opera de forma predeterminada;
- Probabilístico: descrito em termos de comportamento provável;
- Fechado ou autocontido: não troca material, informação ou energia com o ambiente; e,
- Aberto: possibilita trocas com o ambiente.

Na visão de Stair (1998), os sistemas classificam-se em:

- Simples: com poucos elementos e a existência de uma relação direta entre eles;
- Complexo: com muitos elementos e altamente conectados;
- Aberto: interage com seu ambiente;
- Fechado: não interage com o ambiente;
- Estável: mudanças no ambiente resultam em poucas mudanças no sistema;
- Dinâmico: sofre mudanças rápidas e constantes, por conta do ambiente;
- Adaptável: de fácil adequação as mudanças produzidas no ambiente;
- Não adaptável: não é de fácil adequação as mudanças produzidas no ambiente;
- Permanente: criado para durar um longo tempo; e,
- Temporário: criado para durar um período específico.

Os sistemas podem ser percebidos e encontrados sob muitas formas. São sistemas biológicos, mecânicos, naturais, confeccionados pelo homem, subsistemas etc (Barbosa, 2003). Apesar de possuírem a mesma estrutura (com entrada, processamento, saída), o que define esses sistemas são os processos, a natureza das relações entre as partes e não somente as partes por si só. Cada tipo de sistema tem uma dinâmica própria, um tipo de tecnologia, diferentes normas e regulamentos, bem como fornece resultados distintos (Maximiano, 1997).

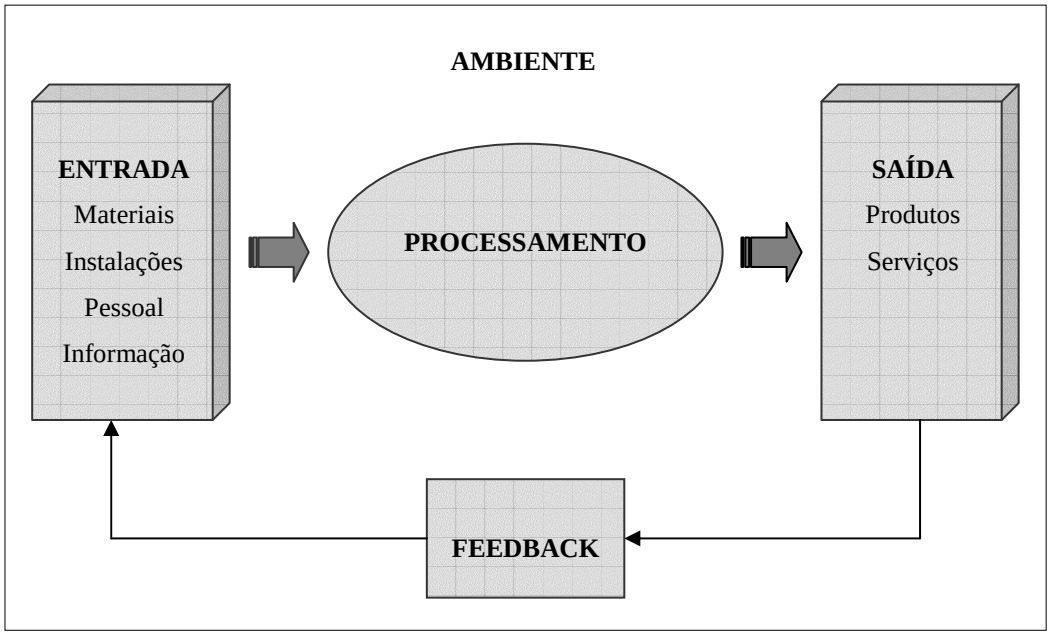


*Figura 2.1 – Funções básicas de interação do sistema*

*Fonte: Adaptado de Stair (1998)*

Nas organizações, os sistemas procuram atuar como ferramentas de suporte para seu funcionamento complexo, atuando como instrumentos que possibilitam sua avaliação analítica e, quando possível, sintética; como facilitadores dos seus processos internos e externos (com suas respectivas intensidades e relações); como meios para suportar seus aspectos relacionados à qualidade, produtividade, efetividade e inovação tecnológica; como geradores de modelos de informações no auxílio dos seus processos decisórios; e, como produtores de informações oportunas, personalizadas e geradores de conhecimento, dentre outros (Rezende, 2005).

## 2.2 Sistemas de informação

Tecnologia e informação caminham juntas desde que os computadores se tornaram equipamentos comerciais, na década de 60. No primeiro momento, o uso dos computadores era restrito à realização de operações de alta velocidade, executadas, anteriormente, de forma manual. Aplicações eram construídas isoladamente sem a preocupação com a existência de duplicidade de processos e dados. Com a evolução tecnológica, a abordagem sistêmica da informação começou a ser uma tendência e uma necessidade nas organizações (Machado, 2002).

Nesse contexto, o sistema de informação passou a ter um papel cada vez mais crucial dentro das organizações (Almeida & Costa, 2002), sendo entendido como um sistema que coleta, armazena, processa, recupera e dissemina informações. Tem como característica apoiar as funções operacionais, gerenciais e de tomada de decisão existentes na organização. Os usuários desse sistema são provenientes do nível operacional, tático ou estratégico, que o utiliza para alcançar os objetivos e as metas de suas áreas funcionais (Chaves & Falsarella, 1995).

Dessa forma, os sistemas de informação passam a ter uma nova face nas organizações, tornando-se uma ferramenta importante para a administração eficiente dos negócios. Deixam, então, de ser considerados processadores e disponibilizadores de informação para se transformarem em recursos estratégicos fundamentais para o desenvolvimento e a competitividade das organizações modernas (Azambuja *et al.*, 2005).

De acordo com O'Brien (2003), o funcionamento de um sistema de informação envolve:

- Entrada: Atividade de registro de dados (gravar, editar). São dados sobre eventos ou transações que são capturados e preparados para o processamento.
- Processamento: Dados que são submetidos a atividades como cálculo, comparação, separação, classificação e resumo. Atividades que organizam, analisam e manipulam dados, convertendo-os em informação para o usuário final.
- Saída: Informação transmitida e colocada à disposição, de várias formas, aos usuários finais. A meta é um "produto informação" apropriado para o usuário final.

O bom funcionamento do sistema de informação depende de recursos humanos (usuários e especialistas), de *hardware* (máquinas e mídia), *software* (programas e procedimentos), dados (banco de dados e bases de conhecimento) e redes (mídia de comunicação e apoio de rede), para que o mesmo execute suas atividades de entrada, processamento, produção, armazenamento e controle e converta recursos de dados em produtos de informação (O'Brien, 2003).

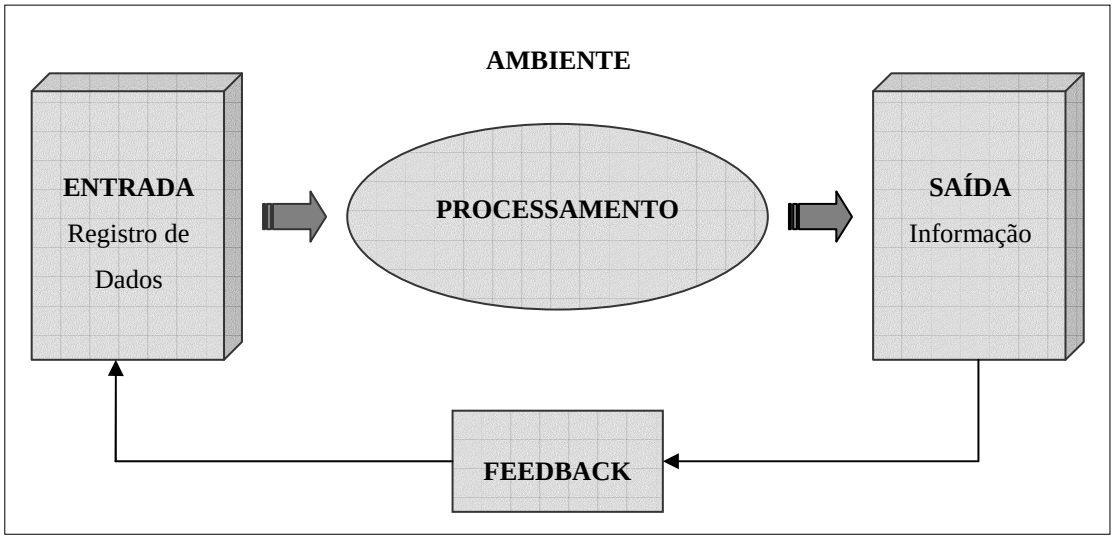


*Figura 2.2 – Funções básicas de interação de um sistema de informação*

*Fonte: Adaptado de Stair (1998)*

### 2.2.1 Dado e informação

Na composição do sistema de informação observa-se que este trabalha com o objetivo de gerar informações necessárias à tomada de decisão, nos diferentes níveis organizacionais (Cautela & Polloni, 1991). Para que esse objetivo seja alcançado, é preciso fazer uma distinção entre termos que, muitas vezes, são confundidos pela proximidade de seus significados: dados e informação.

Pode-se entender dado como qualquer elemento identificado em sua forma bruta que, isoladamente, não conduz a uma compreensão de determinado fato ou situação. Já a informação é o dado trabalhado que permite ao usuário tomar decisão (Oliveira, 2002). Também pode ser entendida como um dado com valor significativo atribuído ou agregado a ele e com um sentido natural e lógico para quem usa a informação (Rezende, 2005).

Um aspecto fundamental para o entendimento do que seja informação é a percepção individual, um fator que particulariza essa compreensão. O conceito desta não é exato, pois envolve abstrações e percepções por parte de pessoas que estão fazendo a leitura da própria informação (Machado, 2002). Isso pode exercer influência na seleção e organização das mesmas para a sua efetiva utilização e compartilhamento, visto que, normalmente, dados e informações apresentam-se em grande volume, disponibilizados nos mais diversos meios de comunicação (Rezende, 2005).

Segundo O'Brien (2003), a informação possui as seguintes dimensões:

- Tempo: A informação deve ser fornecida quando necessária, atualizada, tantas vezes quanto for preciso e sobre períodos passado, presente e futuro.
- Conteúdo: A informação deve ser isenta de erros, relevante (relacionada às necessidades do receptor específico, numa situação específica), fornecida na íntegra, concisa, com amplo ou estreito alcance, com foco externo ou interno e deve ter seu desempenho avaliado em termos de mensuração das atividades concluídas, recursos acumulados ou progresso obtido.
- Forma: A informação deve ser de fácil compreensão, com uma seqüência predeterminada ou não, fornecida de forma resumida ou detalhada, além de poder apresentar-se de forma narrativa, numérica ou gráfica e, impressa em papel, através de monitores de vídeo etc.

Por serem, inegavelmente, fatores de sucesso nas organizações, as informações existem em enorme quantidade, disponibilizadas diariamente para consulta, necessitando, portanto, de critérios claros e concisos para a sua seleção e organização (Souza, 2002).

E é, a partir do efetivo entendimento e acompanhamento da informação e suas dimensões, que se direciona corretamente energia e materiais, com o objetivo de coordenar esforços e produzir efeitos positivos para a organização (Mañas, 2004), bem como se estabelecer uma visão adequada dos sistemas de informação pelos quais uma organização possa estar interessada (Almeida *et al.*, 2002).

A necessidade de informações eficazes faz com que decisores busquem, cada vez mais, ferramentas que os auxiliem no processo de tomada de decisão. Assim, as organizações utilizam os sistemas de informação para manipularem seus dados e lutarem com mais chances pelos seus objetivos (Clericuzi *et al.*, 2006).

### 2.2.2 Tipos de sistemas de informação

Os sistemas de informação podem ser classificados de acordo com a abordagem, o objetivo, o foco, a forma como a informação é disponibilizada e a que esta se destina. De acordo com Sprague & Watson (1989), pode-se classificá-los em: Sistemas de Informação Transacional, Sistemas de Informação Gerencial e os Sistemas de Apoio à Decisão.

- Sistemas de Informação Transacional (SIT): contemplam o processamento de operações rotineiras. Controlam os dados detalhados das operações organizacionais imprescindíveis ao funcionamento harmônico da organização (Rezende, 2005). São sistemas compostos por um conjunto organizado de pessoas, procedimentos, banco de dados e dispositivos utilizados para efetivar o registro das transações ocorridas no negócio (Stair, 1998).

De acordo com Chaves & Falsarella (1995), as principais funções e características desses sistemas são:

- Coletar, via digitação, os dados existentes nos documentos operacionais das organizações, validando-os;

- Armazenar os dados;

- Ordenar ou indexar os dados, facilitando o acesso aos mesmos, quando necessário;

- Permitir consultas aos dados, de forma detalhada ou agregada, com o objetivo de retratar diferentes aspectos das operações; e,

- Gerar relatórios que possam ser distribuídos a qualquer profissional da organização, não só aos usuários do sistema.

- Sistemas de Informação Gerencial (SIG): contemplam o processamento de dados, de forma agrupada, para a gestão (Rezende, 2005). Têm como finalidade auxiliar a organização no atingimento das suas metas, oferecendo aos gestores uma visão geral das operações regulares da empresa, para que os mesmos possam planejá-las, organizá-las e controlá-las de forma eficaz. A principal fonte de dados desses sistemas é o SIT (Stair, 1998).

Chaves & Falsarella (1995) acreditam que esses sistemas apresentam características como:

- Integração dos dados de diversas aplicações do negócio e a transformação dos mesmos em informação;
- Fornecimento de informações para o planejamento operacional, tático e até mesmo estratégico da organização;

- Provimento dos gerentes com informações necessárias para a comparação do desempenho atual da organização com o que foi planejado; e,
- Produção de relatórios que auxiliam os gerentes no processo de tomada de decisão.

- Sistemas de Apoio à Decisão (SAD): contemplam o processamento de grupo de dados das atividades operacionais e gerenciais, transformando-os em informações estratégicas. Trabalham com os dados no nível macro, filtrados das operações das funções organizacionais, considerando também, os ambientes interno e externo (Rezende, 2005). São sistemas que têm por finalidade auxiliar o gestor no processo decisório, apoiando a solução de problemas semi-estruturados e não-estruturados (Sprague & Watson, 1989).

## 2.3 Processo de decisão

As organizações enfrentam problemas constantemente. Alguns desses exigem decisões relativamente simples; outros parecem esmagadores. Alguns demandam ação imediata, enquanto outros levam meses, ou mesmo anos, para se desdobrarem. Em muitos casos, não há certeza de quanto tempo, energia ou dificuldade se esconde atrás de um problema (Bateman & Snell, 1998). Então, vários são os recursos utilizados pelo decisor com o objetivo de tomar a decisão correta: experiências passadas, valores, crenças, conhecimentos técnicos, filosofias (Gontijo & Maia, 2004).

Segundo Carvalho (2001), o processo decisório apóia-se em diversos fatores para que o tomador de decisão tenha segurança diante do surgimento de prováveis problemas. Esses fatores podem estar relacionados a questões culturais, intelectuais, tradicionais, enfim, tudo aquilo que o indivíduo busca no momento de decidir por este ou aquele caminho.

Vale salientar que todo problema de decisão, individual ou organizacional, envolve o julgamento de um conjunto conhecido de alternativas, com informações disponíveis, freqüentemente, constituídas de diferentes graus de precisão: alguns conhecidos com certeza, outros estimados com cuidado, e, em muitos casos, poderão existir dados cuja precisão deixe muito a desejar. São cercados de incerteza e referem-se normalmente a períodos futuros, sobre os quais o decisor tem pouca ou nenhuma influência. A diferente composição de informações faz com que não existam dois problemas de decisão idênticos. Sempre existirão particularidades que nenhum aprendizado formal pode prever, fazendo com que se abra um amplo espaço para o raciocínio, o julgamento e o bom senso do tomador de decisão (Cunha, 2004).

Então, a tomada de decisão passa a ser um tema bastante relevante nas atividades da gerência, sendo considerada a função que caracteriza o seu desempenho. Independentemente do aspecto da decisão, esta atitude deve ser fruto, quando possível, de um processo sistematizado, que envolve o estudo do problema a partir de um levantamento de dados, produção de informação, estabelecimento de propostas de soluções, escolha de alternativas, viabilização e implementação da decisão e análise dos resultados obtidos (Guimarães & Évora, 2004).

Com o objetivo de ilustrar a sistematização de um processo de tomada de decisão, Davis (1974) apresenta o modelo proposto por Herbert A. Simon, composto por três fases:

- Inteligência: nessa fase existe a procura, no ambiente, por condições que necessitam de decisão. Dados são obtidos, processados e analisados com a finalidade de identificar problemas e oportunidades. É um processo continuo ou intermitente, dependendo da situação.
- Desenho: é nessa etapa que se investiga, desenvolve e analisa possibilidades de cursos de ação. Envolve o processo de entendimento do problema, a geração de soluções e o teste de viabilidade da solução.
- Escolha: nesse último passo do processo, ocorre a seleção de alternativas ou cursos de ação viáveis. Faz-se a escolha e implementa.

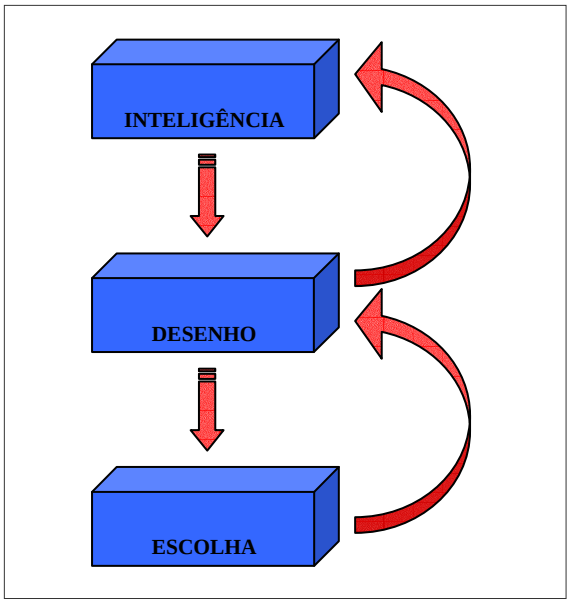


*Figura 2.3 – Modelo de Simon*

*Fonte: Adaptado de Davis (1974)*

Como ilustra a figura 2.3, no processo de decisão, apesar de existir uma seqüência de ações, em muitos casos, é necessário voltar ao estágio anterior, para uma nova análise. Um exemplo simples para uma situação como essa, é a rejeição de uma alternativa, que parecia viável e, por algum motivo, não poderá ser implementada. Então, volta-se ao estágio anterior, e faz-se um novo estudo da questão (Davis, 1974).

Apesar de identificar fases importantes para a tomada de decisão, o modelo de Simon não vai além da escolha de alternativas e ignora aspectos como implementação e *feedback* dos resultados (Davis, 1974). Pensando nisso, *George Huber*, numa extensão do modelo proposto por Simon, inclui as fases de implementação e monitoramento, conforme figura 2.4. A primeira consiste na execução de uma alternativa, objetivando efetivar determinada solução. Já a segunda, aborda a avaliação da implementação da solução (Stair, 1998).

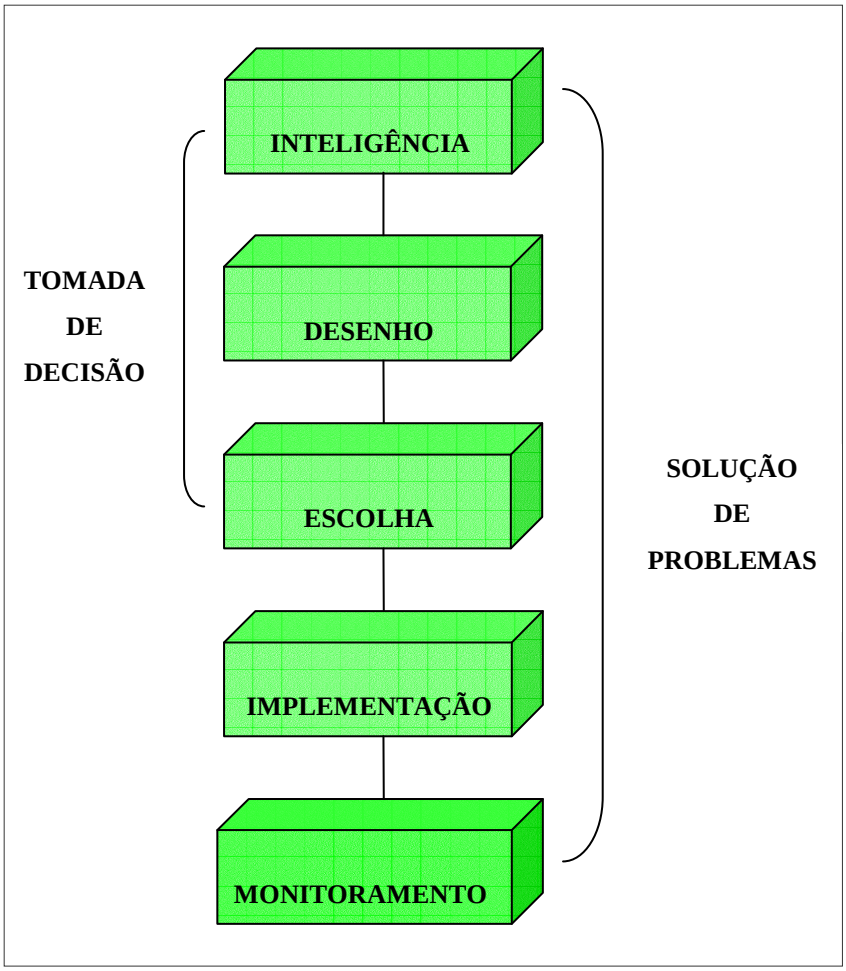


*Figura 2.4 – Modelo de Huber*

*Fonte: Adaptado de Stair (1998)*

Mas, existem ocasiões em que os tomadores de decisões fazem escolhas por meio de interações diversas, quase sempre envoltas em grandes incertezas, em ambientes turbulentos, sob grande pressão e sem tempo para levantar informações (Motta, 1999). É nesse cenário que se entende que a decisão nem sempre é o resultado de um processo seqüencial, estruturado e dirigido para determinada solução. O que se pode afirmar com certeza é que a informação é um recurso primordial nesse processo e, quanto mais estruturado esse for, mais se faz uso de sistemas de informações capazes de responder às demandas e necessidades informacionais do decisor (Guimarães & Évora, 2004).

### 2.3.1 Decisões nos diferentes níveis gerenciais

Diferentes são as necessidades de informação e tipos de decisões adotadas por gestores que estão no topo da organização e para aqueles que executam atividades táticas ou operacionais. Sendo assim, Almeida *et al.*, (2002) classificam em três níveis os tipos de decisões:

- Estratégicas: orientadas para o mais alto nível gerencial, com foco maior na resolução de problemas externos. Envolve planos estratégicos e longos horizontes de tempo;
- Gerenciais: orientadas para estruturação de recursos com o objetivo de maximizar o desempenho organizacional. O foco está na média gerência; e,
- Operacionais: orientadas para o nível mais baixo de gerência e com objetivo de maximização de lucros das operações atuais. Têm como objetivo assegurar que as tarefas específicas devem ser feitas de forma eficiente e eficaz.

De acordo com Stair (1998), essa divisão em níveis ocorre, geralmente, quando as organizações seguem linhas funcionais, com departamentos criados para cada função, onde os trabalhos são controlados através de uma hierarquia, com a autoridade concentrada no nível mais alto, com maior poder e impacto nas decisões.

Ainda, de acordo com Stair (1998), os níveis hierárquicos existentes apresentam-se da seguinte forma:

- Administração estratégica: é o nível mais elevado. Composto por executivos e diretores, que desenvolvem metas globais, estratégias, políticas e objetivos que fazem parte do planejamento estratégico, cujas decisões são de longo prazo. Além disso,

monitora o desempenho estratégico da organização e a direção da mesma nos ambientes político, econômico e competitivo.

- Administração tática: é o nível médio. Inclui gerentes ou equipes de gerência que realizam planos de curto e médio prazo, políticas, procedimentos e objetivos de negócios para subunidades organizacionais. Também é sua função monitorar as subunidades empresariais, em termos de resultados e dar suporte aos planos da administração estratégica.
- Administração operacional: é o nível mais baixo. Trabalha com atividades rotineiras da organização, com planos de curtíssimo prazo, objetivando a eficiência operacional.

Como se observa, as situações de decisão podem se apresentar de forma simples - situações óbvias ou complexas - envolve diversas pessoas, diferentes crenças, múltiplos interesses (Santos Neto, 2001). De acordo com Bidgoli (1989) e Mittra (1996), as decisões podem ser classificadas em:

- Estruturadas: com procedimento operacional padrão, determinado e projetado com clareza. Necessitam de sistemas de informação de fácil resolução, programáveis, baseados em lógica clássica, fatos e resultados bem definidos. Têm como características principais o curto horizonte de tempo, a existência de rotinas repetitivas e estão voltadas para níveis mais baixos da organização;

- Semi-estruturadas: situação em que a decisão não se encontra bem definida, porém estão inclusos aspectos de estruturação e contam com apoio do sistema de informação; e,

- Não-estruturadas: não apresentam padrão de procedimento operacional, não se repetem. Os sistemas de informação apenas apóiam o decisor, o qual necessita contar com sua própria intuição e experiência. Envolvem longo horizonte de tempo e raramente replicam decisões prévias.

O ponto chave dessa distinção está no fato de que o tipo de decisão a ser tomada requer diferente grau de agregação da informação e diferentes tipos de sistemas de informação (Rezende, 2005). Embora qualquer computador possa fornecer informações consideradas de apoio à tomada de decisões, existe a necessidade de um sistema que não se limite simplesmente a gerar resumos de transações ou somente relatórios de rotinas. É necessário um sistema que efetivamente permita a interação com os dados, de forma a poder modelá-los para a situação em que se quer discutir uma dada decisão (Laudon & Laudon, 1999).

## 2.4 Sistemas de apoio à decisão

Defrontar-se, constantemente, com situações não rotineiras faz parte do trabalho dos gestores de organizações de diversos tipos. São circunstâncias em que simples relatórios pré-programados não são suficientes para dar uma resposta, positiva ou negativa, sobre determinado acontecimento. No entanto, existe um sistema que gera saídas inteligentes, e fornece conselhos ao administrador no processo da tomada de decisão: é o SAD. Um programa capaz de manipular um grande volume de informações, além de ter como base modelos de decisão (Bortolin Júnior, 2005).

### 2.4.1 Breve histórico

Até se chegar aos sistemas de informação que auxiliam os usuários na tomada de decisão, várias outras necessidades foram sendo atendidas, ao longo do tempo. No início da Era da Informática, o principal compromisso do computador era a automação dos processos, que demandava um longo tempo e inúmeras pessoas para sua execução. No entanto, as alterações no ambiente empresarial começaram a ocorrer num curto espaço de tempo e o responsável pelas principais soluções tecnológicas da época, o Centro de Processamento de Dados, perdeu seu posto e um novo cenário se estabeleceu: ou o sistema não atendia às expectativas do usuário, ou quando realizava, não ficava pronto em tempo hábil (Binder, 1994).

Então, até 1960, o papel dos sistemas de informações era simples: processamento de transações, manutenção de registros, contabilidade etc. Com o surgimento de novas exigências, um outro papel foi adicionado aos sistemas computacionais, o fornecimento aos usuários finais de relatórios técnicos gerenciais predefinidos, com o objetivo de gerar informações para a tomada de decisão. Isso fez com que passassem a existir os SIG (O'Brien, 2003).

A partir da década de 70, verificou-se que os produtos de informação pré-especificados resultantes desses sistemas já não mais atendiam adequadamente muitas das necessidades de tomada de decisão administrativas, e mais um papel foi adicionado aos sistemas: fornecer aos usuários finais apoio *ad hoc* e interativo aos processos decisórios. Este apoio teria que ser talhado sob medida ao estilo único de decisão do gerente à medida que este enfrentasse tipos específicos de problemas no mundo real. Nasce, como conseqüência desse novo cenário, o SAD (O'Brien, 2003).

### 2.4.2 Definição e principais características

Um SAD pode ser entendido como um sistema flexível, interativo e adaptável, desenvolvido, principalmente, para dar suporte a solução de um problema gerencial não estruturado e para aprimorar a tomada de decisão. Para isso, utiliza-se de dados, provê uma *interface* amigável com o usuário, e tem como opção agrupar *insights* do próprio decisor (Turban & Aronson, 1998).

São sistemas que, segundo Stair (1998):

- Resolvem problemas mais complexos e menos estruturados que os demais, envolvendo a manipulação de pequenos ou grandes volumes de dados;
- Obtêm, processam e integram dados de diferentes fontes, acessando banco de dados internos ou externos à organização;
- Fornecem relatórios em formatos variados, com saídas impressas ou em vídeo, dependendo da necessidade do usuário;
- Possuem orientação tanto gráfica como textual, ou seja, podem produzir textos, tabelas, desenhos lineares, gráficos pizza, curvas de tendência, dentre outros;
- Utilizam *softwares* avançados para analisar e fazer comparações complexas e sofisticadas de determinados problemas;
- Dependendo do tipo de problema, têm a capacidade de fornecer a solução ótima ou uma solução muito boa (não, obrigatoriamente, a melhor), tendo como suporte abordagens de otimização, satisfação e heurística;
- Executam análise através de simulações (onde o decisor pode modificar, hipoteticamente, os dados e observar os impactos nos resultados) e de atingimento de metas;
- Tentam combinar modelos ou técnicas analíticas com funções tradicionais de processamento de dados. Devem permitir que o usuário possa aplicar aos dados, técnicas de análise qualitativa e quantitativa com certa facilidade;
- São interativos, fáceis de usar e têm *interface* extremamente amigável, através de ícones, telas sensíveis ao toque, entre outras tecnologias existentes. Isso acontece

porque os usuários não têm, em geral, muito tempo para aprender a fundo, a forma correta de utilizar um computador;

- São flexíveis e adaptáveis as mudanças do ambiente; e,
- Fornecem subsídios para um rápido encaminhamento e implementação dos resultados obtidos a partir da tomada de decisão.

O que se percebe é que os SAD têm foco no suporte às decisões, utilizam-se de simulações e apresentam maior capacidade analítica, o que possibilita o emprego de vários modelos para o estudo do problema, considerando informações geradas por banco de dados internos e de fontes externas. Os sistemas não são relevantes apenas para os gerentes e decisões estratégicas, são apropriados para todas as decisões semi ou não-estruturadas, onde o julgamento e as fontes de informação são ingredientes chaves para tomada de decisão (Barbosa, 2003).

### 2.4.3 Ambiente do SAD

Uma estrutura útil para desenvolvimento do sistema de apoio à decisão foi elaborada por Sprague & Watson (1989). Ela se divide em duas partes: a primeira trata dos níveis de tecnologia, do pessoal envolvido e da abordagem de desenvolvimento, enquanto que a segunda trata das concepções das diferentes pessoas envolvidas no processo.

#### 2.4.3.1 Níveis de tecnologia, pessoal envolvido e abordagem de desenvolvimento

a) Níveis de tecnologia

- <u>SAD Específico</u>: é o mais alto nível de tecnologia, com *interface* amigável e de fácil utilização. O usuário utiliza esse recurso para gerenciar, eficazmente, os problemas que surgem em sua área.
- <u>Gerador de SAD</u>: composto por programas que permitem a construção de aplicativos para suporte à tomada de decisão de maneira fácil e rápida. Essa tecnologia engloba uma linguagem de uso específica, como por exemplo, linguagens de planejamento, de geração de modelos, recursos de formatação e busca de dados para a montagem de relatórios e gráficos. É mais utilizado pelo projetista, mas, em alguns casos, o próprio usuário pode desenvolver possíveis modificações nos SAD específicos; e,

- Ferramentas para SAD: incluem a linguagem e/ou *software* básico, utilizado pelos programadores para o desenvolvimento dos geradores de SAD e dos sistemas de apoio à decisão em si.

b) Pessoal envolvido

De acordo com Sprague & Watson (1989), projetar, implementar e utilizar um SAD envolve diferentes pessoas que desenvolvem papéis específicos. São eles: decisor, intermediário e projetista. Lembrando que os papéis não são rígidos e uma pessoa pode assumir vários deles.

- Decisor: indivíduo, departamento ou unidade organizacional para quem o SAD é projetado. É a pessoa responsável pela tomada de decisão, que utilizará o SAD específico.
- Intermediário: quem auxilia o decisor. É uma espécie de ligação entre o SAD e o decisor. Alguns gerentes dispensam essa pessoa. Em alguns casos, ele é o analista de decisão.
- Analista de Decisão: pessoa que deve ter conhecimento específico para determinar qual a melhor metodologia de decisão a ser aplicada, em função das características da decisão a ser tomada. Em algumas situações, pode ser o intermediário.
- Desenvolvedor: é aquele que ajusta o gerador de SAD ou utiliza as suas ferramentas de acordo com o problema em questão. Deve conhecer a área onde o problema está inserido e isso inclui: aspectos gerenciais e técnicos.

c) A abordagem de desenvolvimento do sistema.

A abordagem mais indicada para o desenvolvimento de SAD é a adaptativa, que trata da união de todas as etapas de desenvolvimento do sistema tradicional em uma só. Nela o decisor e o projetista definem o problema inicial e desenvolvem o primeiro sistema. A partir deste, as adaptações vão sendo realizadas para atender às necessidades existentes até o momento. Isso acontece até o instante em que o sistema se torna relativamente estável, capaz de atingir os objetivos planejados (Sprague & Watson, 1989).

#### 2.4.3.2 Diferentes visões do processo de desenvolvimento

Do ponto de vista do decisor, o interesse recai nos recursos que o SAD poderá lhe oferecer, em termos de apoio à tomada de decisão, tanto individual como em grupo. O

intermediário tem como objetivo a utilização do SAD, com uma visão minuciosa dos componentes da "caixa preta" que irá se comunicar com o decisor. Já o desenvolvedor, tem seu foco nas ferramentas de desenvolvimento que ele poderá utilizar na criação de SAD específicos e de geradores de SAD (Sprague, 1980).

### 2.4.4 Arquitetura do SAD

De acordo com Sprague & Watson (1989), o SAD possui uma arquitetura conhecida como paradigma DDM - Diálogos, Dados e Modelos, composta por dois bancos, o Banco de Dados (BD) e o Banco de Modelos (BM) e três subsistemas, o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), o Sistema Gerenciador de Banco de Modelos (SGBM) e um diálogo amigável, ilustrado na figura 2.5.

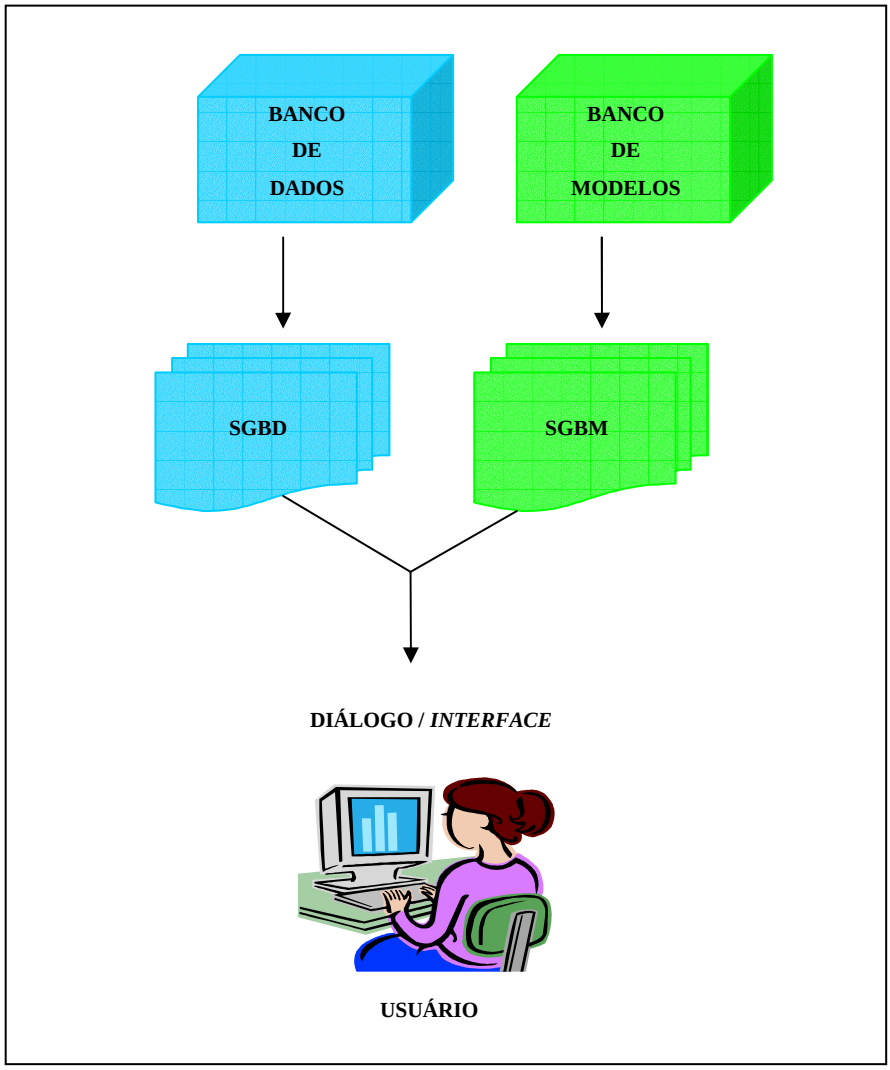


*Figura 2.5 – Arquitetura dos SAD*

*Fonte: Adaptado de Sprague & Watson (1989)*

O banco de dados tem como função armazenar os dados. O SGBD é responsável pelo acesso e manutenção aos dados da base. Com o auxílio de filtros, os dados são levados ao BD apresentando-se de forma organizada, clara e resumida. Esse conjunto de componentes recebe o nome de subsistemas de dados e deve ser capaz de lidar com todos os tipos de dados, além de executar funções de criação, consulta, atualização, reestruturação e segurança (Clericuzi *et al.*, 2006).

O subsistema de modelos engloba o SGBM e o BM. O BM comporta ferramentas de análise de dados e manipulação de modelos necessários para o apoio à decisão. A interação dos modelos com os dados ocorrem através de simulações, cálculos, resoluções de problemas matemáticos, baseados em áreas como Pesquisa Operacional, Estatística e Econometria. Os SGBM gerenciam os modelos e apresentam capacidade semelhante ao SGBD, inclusive de armazenar e manter uma ampla diversidade de modelos (Clericuzi *et al.*, 2006).

A *interface* é um subsistema que deve prover diferentes e amigáveis tipos de diálogos entre o usuário e o sistema. O sucesso do SAD dependerá de um diálogo amigável, pois este pode incorporar tipos como menus, ícones, telas sensíveis ao toque, de forma a se adaptar as necessidades dos usuários (Clericuzi *et al.*, 2006).

Portanto, os SAD, podem ser considerados sistemas de informação complexos, com sua própria base de dados e a capacidade de modelar problemas, apresentar simulações, criação de cenários; o usuário não precisa ter experiência, nem se utilizar da intuição para manuseá-lo; possui *interface* amigável e flexível; são voltados para problemas de difícil estruturação; e, podem auxiliar em todas as fases do processo decisório, bem como apóia decisões em todos os níveis gerenciais (Barbosa, 2003).

# *3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA*

Este capítulo apresenta temas como a disponibilidade de água no Brasil e no mundo, o conceito de sistemas de abastecimento de água, seus principais componentes, dados importantes sobre o acesso da população, através do abastecimento urbano brasileiro, os principais problemas enfrentados e quais os tipos de melhorias podem ser implementadas.

## 3.1 A água e a sua disponibilidade

A água é considerada um recurso ou bem econômico, já que é finita, vulnerável e fundamental à conservação da vida e do meio ambiente. A sua escassez não permite o desenvolvimento de diversas regiões. Além disso, é tida como um recurso ambiental, porque, através de sua alteração, contribui para a degradação da qualidade do mesmo. E, essa degradação, afeta, de forma direta ou indireta, a saúde, a segurança, e o bem-estar populacional; as atividades sociais e econômicas; a fauna e a flora; as condições estéticas e sanitárias do meio; e, a qualidade dos recursos ambientais (Borsoi & Torres, 1997).

Estima-se que a população mundial vive num planeta com volume total de água disponível de, aproximadamente, um quintilhão e quatrocentos quatrilhões de metros cúbicos, um número que parece não ter fim. No entanto, 97% desse total encontra-se nos mares, oceanos e lagos salgados. Somente 3% desse volume é de água doce, sendo que ¾ ficam nas geleiras e calotas polares (Franca & Cardoso Neto, 2006).

Ao se construir índices médios para comprovar a existência de pouca água doce para os seres humanos, verifica-se, ainda assim, que não há de todo escassez hídrica na Terra. Na verdade, o que existe é uma má distribuição no tempo e no espaço desse recurso, tendo como conseqüência, áreas do Globo Terrestre com água em abundância e outras com aridez praticamente absoluta (Souza, 2003).

No Brasil o cenário é semelhante ao apresentado anteriormente, apesar da posição privilegiada, em relação à disponibilidade de água (conta com aproximadamente 12% desse recurso, em termos mundiais), a sua distribuição irregular, nas dimensões temporal e espacial, não oferece condições para o seu pleno aproveitamento em regiões que se caracterizam por elevada densidade populacional e intenso desenvolvimento socioeconômico (Peixinho & Oliveira, 2006).

Dentro desse contexto, observa-se que o Brasil, apesar de possuir as mais extensas bacias hidrográficas do planeta, muitas delas estão distantes dos diferentes centros populacionais e industriais do país (Philippi Jr & Boranga, 2003), gerando uma questão chave para o desenvolvimento dos recursos hídricos: como enfrentar a relação demanda x oferta de água? E a resposta passa invariavelmente pela necessidade de serem estabelecidas políticas adequadas e implementados sistemas de gestão efetivos (Philippi Jr, 2003).

## 3.2 A evolução do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil

No Brasil, os rios, córregos, riachos, igarapés, lagos, lagoas, águas subterrâneas são bens de domínio público, pertencem, portanto, a coletividade. Por isso, a sua administração é de responsabilidade do Poder Público e da coletividade. O uso dessas águas é uma decisão individual e depende da livre iniciativa, no entanto, a permissão para tal uso é da coletividade. Para chegar nesse estágio de gerenciamento dos recursos hídricos, o país passou por diversos momentos bem peculiares (Silva, 2007).

Desde 1930, com o crescimento industrial e a urbanização acelerada, o Brasil tem buscado adotar modelos adequados de gestão racional dos seus recursos hídricos, condicionados, evidentemente, aos aspectos tecnológicos, a cultura político-institucional, as prioridades sociais e aos padrões de sustentabilidade aceitos internacionalmente. Um exemplo disso foi a decretação do Código de Águas, de 1934, e a criação de uma agência federal, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, encarregada da sua aplicação (GEO Brasil, 2007).

Essa etapa da administração dos recursos hídricos no Brasil é conhecida como modelo burocrático. A administração pública tinha como objetivo primordial cumprir e fazer cumprir os dispositivos legais sobre as águas, com extensa legislação a ser obedecida, no que diz respeito a concessões e autorizações de uso, licenciamento de obras, ações de fiscalização, interdição, multa etc (Borsoi & Torres, 1997).

Esse modelo de gestão foi praticado durante muitos anos, tornando-se claramente insuficiente diante do estilo e do ritmo oscilante de desenvolvimento nacional nas últimas décadas. Mas, de qualquer modo, apesar de apresentar-se centralizador e de escassa participação social, plantou as bases da organização do Estado para a gestão dos recursos hídricos, pois propiciou o desenvolvimento de profissionais competentes (com alta qualidade técnica), consolidou estruturas de capacitação e desenvolvimento tecnológico e gerou um

acervo de conhecimentos e de informações fundamentais para o planejamento estratégico do setor (GEO Brasil, 2007).

As décadas de 70 e 80 foram marcadas pela emergência da questão ambiental, do desenvolvimento sustentável e da constatação do escasseamento progressivo do recurso da água em escala planetária, o que levou o Brasil a realizar uma revisão completa das estratégias e do aparelho governamental voltados para a gestão integrada dos recursos hídricos. Foi um salto de qualidade para a gestão dos recursos hídricos no país, onde começou a prevalecer o enfoque triplo: inserção em um quadro de sustentabilidade ambiental, social e econômica; a busca de um marco regulatório e de espaços institucionais compatíveis; e, a formulação de conceitos apropriados para descrever e operar os novos arranjos políticos e pactos sociais correspondentes à progressiva capilarização da visão integrada, compartilhada e participativa das políticas públicas (GEO Brasil, 2007).

A inauguração dessa nova etapa de gestão da água pode ser constatada com a promulgação da Constituição de 1988, que introduziu o modelo sistêmico de integração participativa (Borsoi & Torres, 1997) e estabeleceu que, dentre as competências da União estariam: a instituição de um sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos; a regulamentação e a institucionalização do próprio Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, com seu arranjo administrativo, e seus instrumentos de gestão (Lei 9.433/97); a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do SINGREH, bem como, o lançamento do Plano Nacional de Recursos Hídricos – a fim de atender o compromisso internacional do Brasil com as Metas do Milênio e o estabelecimento de ações e programas até o ano 2020 (GEO Brasil, 2007).

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conforme ilustrado na figura 3.3, é composto pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Agência Nacional de Águas (ANA), Secretarias de Recursos Hídricos (SRH), Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH), Governo do Estado, Autoridades Gestoras, Comitês das Bacias e Agências das Bacias.

Através da tabela 3.1 é possível identificar quais as principais atribuições, atores envolvidos e a escala de atuação de cada componente do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

*Tabela 3.1 – Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos*

| **INSTÂNCIAS** | **ATRIBUIÇÕES** | **ATORES ENVOLVIDOS** | **ESCALA DE ATUAÇÃO** |
|---|---|---|---|
| C.N.R.H | Planejamento dos recursos hídricos.<br>Arbitrar conflitos. | Representantes federais, estaduais, usuários e organizações civis, que atuam no gerenciamento ou uso dos recursos hídricos. | Nacional |
| ANA | Organizar, implantar e gerir o SNRH.<br>Definir e fiscalizar condições de operação de reservatórios.<br>Garantir o múltiplo uso da água. | Órgão Técnico. | Nacional |
| SRH | Apoio técnico, administrativo e financeiro ao CNRH.<br>Coordenação da elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos. | Órgão Técnico. | Nacional |
| CONSELHOS ESTADUAIS | Promoção de debates sobre recursos hídricos e arbitração de conflitos.<br>Estabelecer a cobrança pelo uso da água. | Entidades públicas e privadas, correspondentes ao CNRH.<br>Representantes municipais. | Estadual |
| COMITÊS DE BACIAS | Debate sobre: o múltiplo uso da água, outorga e cobrança; enquadramento dos corpos d'água; ações de melhoria ambiental. | Representantes federais, estaduais, usuários e organizações civis, cujos territórios estejam dentro da sua área de atuação, parcial ou totalmente. | Estadual |
| AGÊNCIAS DE ÁGUAS | Cobrança pelo uso do recurso.<br>Gerenciamentos dos valores cobrados, constituindo-se, efetivamente, em secretarias executivas dos comitês. | Órgão Técnico. | Regional<br>Local |
| CONSÓRCIOS INTER-MUNICIPAIS | Implantação de políticas públicas voltadas para a gestão dos recursos hídricos. | Prefeituras, associações de usuários, órgãos de pesquisa e estudo. | Regional<br>Local |

*Fonte: Adaptado de Pires do Rio et al. ( 2004)*

A partir dessa nova composição institucional, nasceu um importante instrumento de gestão, a Lei 9.433/97, conhecida como a Lei das Águas, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos e responde a um anseio nacional, representando a concretização da modernização do setor e colocando o Brasil dentre os países de legislação mais avançada do mundo, quando o assunto é recursos hídricos (ANA, 2002).

Essa Lei é um valioso instrumento e tem como objetivo instituir ações que assegurem o aproveitamento nacional dos corpos d'água, a fim de que os mesmos contribuam para a diminuição da dicotomia existente no país com relação a escassez da água em algumas regiões e a fartura em outras (Lima, 2002). É importante salientar que, no balanço entre a oferta e a demanda pela água, o que se verifica é um crescente deslocamento em direção à demanda, o que ocasiona, conseqüentemente, escassez da disponibilidade e conflitos complexos em muitas regiões. Tais conflitos podem ter um melhor encaminhamento com a correta execução da Lei das Águas (Heller, 2006a).

A partir de seus princípios básicos, pode-se fazer um esquema identificando suas principais tendências, conforme ilustrado na Figura 3.1.

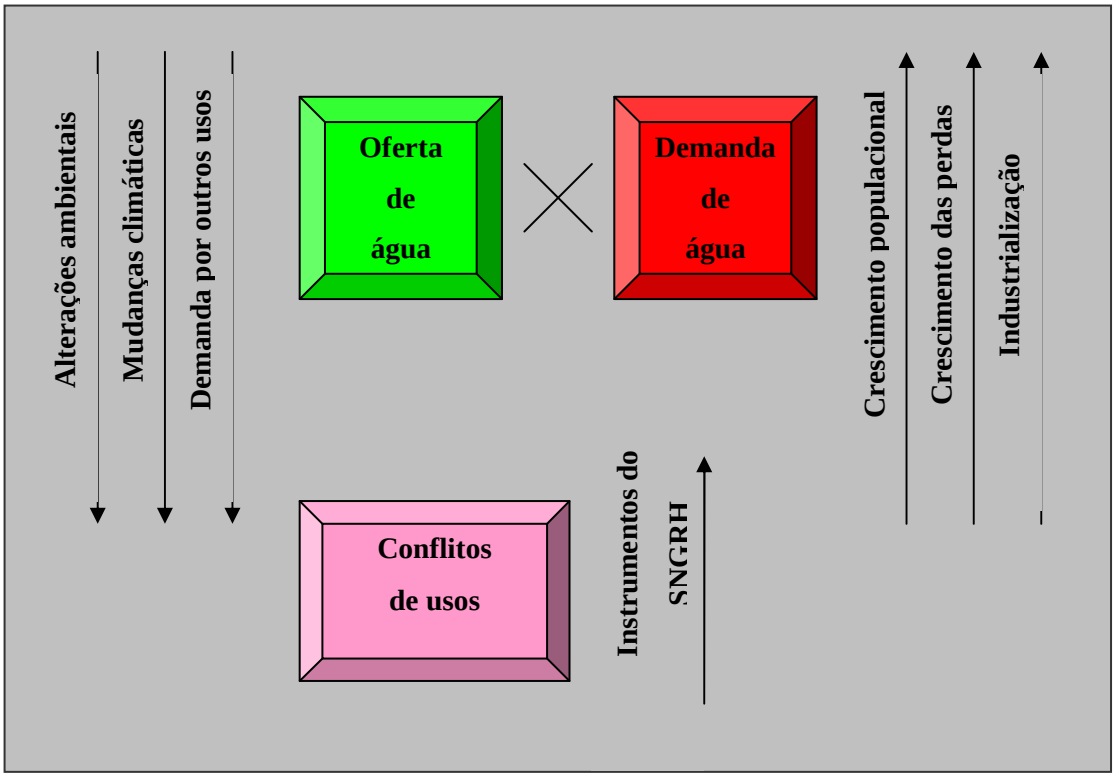


*Figura 3.1 – Relação oferta/demanda de água*

*Fonte: Adaptado de Heller (2006a)*

A Organização das Nações Unidas (UNESCO, 2006) afirma que a gestão de recursos hídricos apresenta-se complexa e dinâmica e não há um modelo pré-determinado de boa governança, mas é essencial que os modelos existentes contemplem instituições adequadas (nacionais, regionais e locais fortes), com estrutura legal efetiva e recursos humanos e financeiros suficientes, bem como, a participação dos cidadãos, que devem ser informados sobre a qualidade e quantidade de água disponível, evitando que os mesmos intervenham em projetos de água ambientalmente prejudiciais.

Nesse sentido, o Brasil vem caminhando na direção correta, com condições de alcançar uma nova fase de gerenciamento de seus recursos hídricos, na qual os usuários, as comunidades envolvidas e os governos regionais e locais decidem pelo melhor uso da água e pelos investimentos necessários, organizados em torno de suas bacias (Borsoi & Torres, 1997).

## 3.3 Múltiplos usos das águas brasileiras

De acordo com a ANA (2002), vários são os setores, no Brasil, que utilizam os recursos hídricos como insumos básicos para as suas atividades, dentre eles se destacam: agricultura e irrigação, energia hidroelétrica, transporte hidroviário, pesca e aqüicultura, bem como atividades voltadas para o turismo e lazer.

O país registra, em relação as suas águas, retiradas totais de 1.568 m³/s para diferentes usos. Desse total, cerca de 840 m³/s são efetivamente consumidos, não retornando às bacias hidrográficas. Em termos de demanda, o maior consumo brasileiro está na irrigação (46% do total de recursos hídricos retirados), seguido pelo consumo humano urbano, com 27%, ficando o uso industrial em terceiro, com 18% do total. O significativo consumo humano urbano na média nacional está relacionado à alta taxa de urbanização e ao percentual de cobertura do abastecimento de água - que atinge 89% na média nacional e supera os 90% nas regiões hidrográficas do Paraná, São Francisco, Uruguai e Atlântico Sul, as mais urbanizadas (GEO Brasil, 2007).

Como se vê, o conjunto das atividades humanas, cada vez mais diversificado, agregado ao crescimento demográfico, alerta para que seja dada maior atenção às necessidades de uso de água para as mais distintas finalidades. Essas necessidades devem ser analisadas tanto sob o aspecto quantitativo quanto qualitativo, e estão evidenciadas, essencialmente, em regiões com características de maior desenvolvimento urbano, industrial e agrícola (Philippi Jr, 2003).

Um dos maiores desafios para os responsáveis pelo planejamento e operação de sistemas de aproveitamento de recursos hídricos, é fornecer quantidades adequadas de água com qualidade apropriada e no momento certo para atender os seus múltiplos usos. Embora do ponto de vista teórico não haja grande dificuldade em se integrar o gerenciamento de quantidade e qualidade, na prática, esta integração é raramente alcançada, representando um grande obstáculo para a operação eficiente de sistemas e a utilização racional do recurso hídrico (Azevedo & Porto, 1998).

## 3.4 Números do abastecimento de água nas regiões brasileiras

No último Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2006, promovido pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o índice de atendimento total com abastecimento de água no Brasil está entre 80,1% a 90,0%, em 10 estados (regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Norte, principalmente) e 60,1% a 80,0%, em 8 estados (em sua maioria, na região Nordeste) (SNIS, 2007).

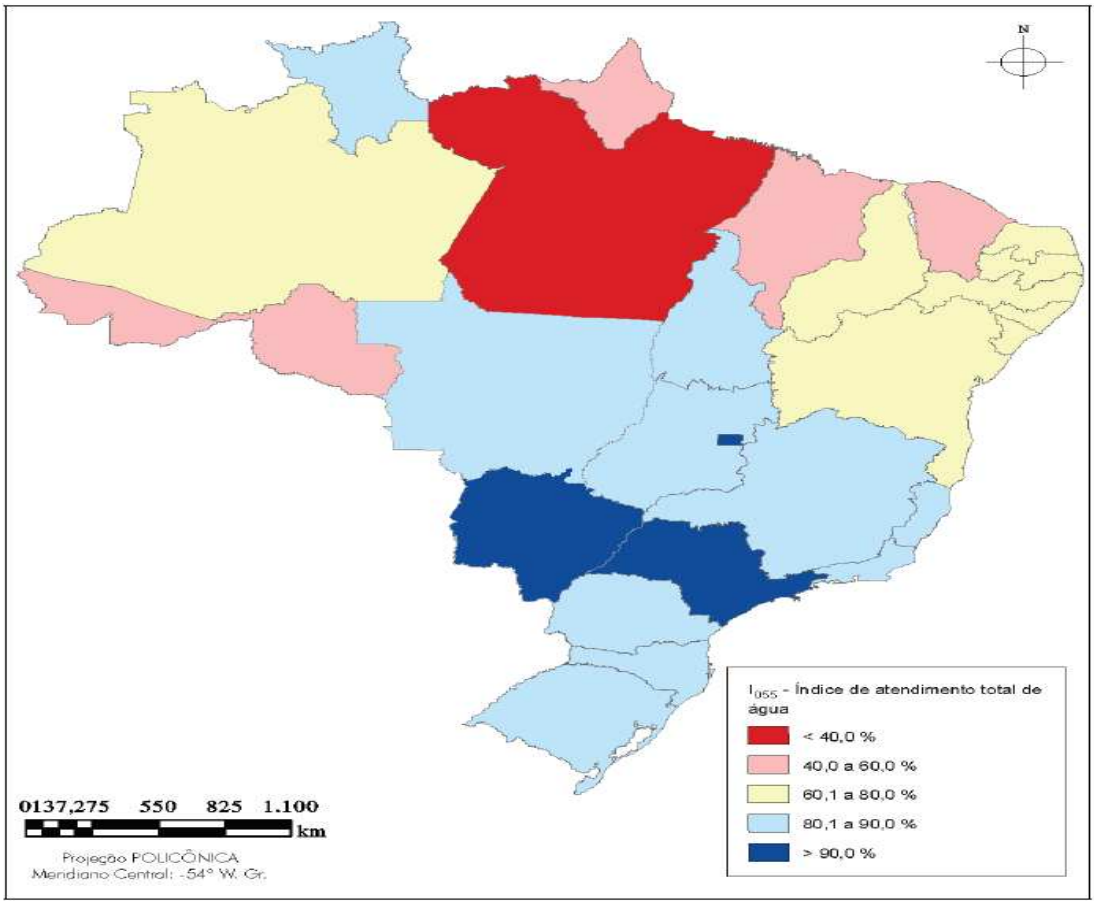


*Figura 3.2 – Representação espacial do índice de atendimento total da água*

*Fonte: SNIS (2007)*

Quando se coleta informações a respeito do número de ligações ativas de água, observa-se que houve um aumento de 18%. Considerando o período de 2002 a 2006 (SNIS, 2007), de acordo com a tabela 3.2.

*Tabela 3.2 – Quantidade de ligações ativas de água*

| ANO | QUANTIDADE DE LIGAÇÕES ATIVAS (MILHÕES) | CRESCIMENTO (%) |
|---|---|---|
| 2002 | 28,9 | - |
| 2003 | 30 | 3,8 |
| 2004 | 31,1 | 3,7 |
| 2005 | 32, 4 | 4,2 |
| 2006 | 34,1 | 5,2 |
| **TAXA MÉDIA DE CRESCIMENTO ANUAL POR PERÍODO (2003-2006)** | | 4,5 |

*Fonte: SNIS (2007)*

De certa maneira, a análise dos índices gerais de atendimento urbano mostra valores relativamente elevados, em termos de abastecimento de água. O índice nacional para todo participante do SNIS, tendo 2006 como ano referência, é de 93,1%. Em comparação com o ano de 2005, o crescimento foi de 5,2%, em relação as ligações ativas e de 8,3% em redes de distribuição. A quantidade de domicílios atendidos pela rede também aumentou em 4,3%, em 2006, comparado a 2005.

## 3.5 Sistema de abastecimento de água e seus componentes

O abastecimento de água é fundamental para a vida do ser humano. Seu fornecimento relaciona-se com aspectos ambientais, econômicos e sociais, dada sua estreita ligação com a manutenção da saúde de seus consumidores, enquanto bem estar físico, mental e social. Seu objetivo principal é oferecer à comunidade água potável, diretamente em seus domicílios, a fim de suprir às suas necessidades (Lopes *et al.*, 2004).

De acordo com a Portaria MS nº 518/2004, um sistema de abastecimento de água para consumo humano pode ser definido como uma instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinadas à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada por regime de concessão ou permissão.

A mesma legislação procura diferenciar um sistema clássico de abastecimento de água, anteriormente definido, de soluções alternativas de abastecimento para consumo humano, que

é toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema clássico, incluindo, dentre outras soluções, fontes, poço comunitário, distribuição por veiculo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical.

Segundo Heller (2006b), um sistema de abastecimento de água é caracterizado pela retirada da água da natureza, pela adequação de sua qualidade, pelo transporte até os aglomerados humanos e pelo fornecimento à população em quantidade compatível com suas necessidades.

A figura 3.3 ilustra as diferentes combinações entre as unidades componentes de um sistema de abastecimento, indicando a obrigatoriedade da presença de alguns componentes e o caráter eventual de outras, como por exemplo, as adutoras e estações elevatórias.

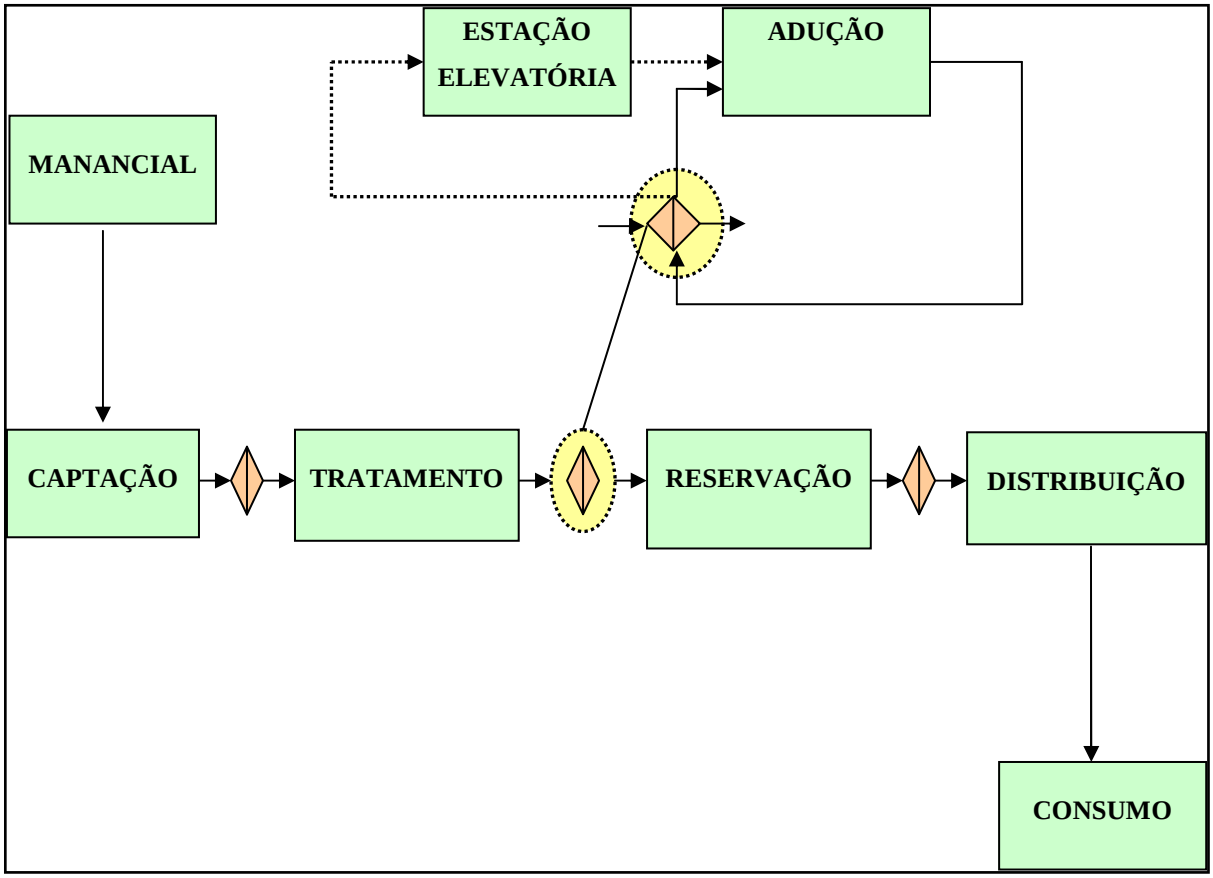


*Figura 3.3 – Sistema de abastecimento de água*

*Fonte: Adaptado de Heller (2006b)*

Um sistema como esse pode ser planejado para atender a pequenas ou grandes cidades, variando suas características e o porte de suas instalações. Essencialmente ele é composto das seguintes unidades (Heller, 2006b):

1. **Manancial**.

Local de onde se retira a água, a partir de onde é abastecido o sistema. Os mananciais podem ser do tipo: subterrâneo freático ou não confinado (poço raso); subterrâneo confinado (é aquele que se acumula entre duas camadas impermeáveis do solo, um poço profundo); superficial sem acumulação e com acumulação (são as águas dos riachos, rios, lagos e reservatórios de acumulação); e, a água da chuva (que, apesar de ser raramente utilizada, pode servir para uso individual ou edifícios isolados).

2. **Captação**.

Todo o conjunto de equipamentos e instalações utilizado para a extração de água do manancial, com o objetivo de torná-la disponível para seu transporte aos locais de utilização.

3. **Adução**.

Transporte da água do manancial ou da água tratada, interligando unidades de captação, tratamento, estações elevatórias, reservação e rede de distribuição. Em função da água que transporta, pode ser adutora bruta ou de água tratada. Já, em função de suas características hidráulicas, classificam-se como de conduto livre, de conduto forçado por gravidade ou em recalque.

4. **Tratamento**.

Melhoria das características qualitativas da água, com o objetivo de torná-la apropriada para o consumo. Em geral, é feito na Estação de Tratamento de Água – ETA. De acordo com a Portaria MS nº 518/2004, as condições mínimas para o tratamento da água são:

- Toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção; e,

- Toda água suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização deve incluir tratamento por filtração.

5. **Reservação**.

Armazenamento da água para atender a diversos objetivos, tais como a variação de consumo e a manutenção da pressão mínima na rede de distribuição. Destina-se a realizar a compensação entre a vazão de produção e a vazão de consumo.

6. **Rede de distribuição**.

Condução da água para os edifícios e pontos de consumo, por meio de tubulações, conexões e peças especiais, localizadas em logradouros públicos e, tem como função distribuir água até as residências, estabelecimentos comerciais, indústrias e locais públicos.

7. **Estações elevatórias ou de recalque**.

Instalações que realizam o bombeamento destinado a transportar a água para os pontos mais distantes ou mais elevados, ou para aumentar a vazão de linhas adutoras. Podem existir sistemas com ou sem estações elevatórias, da mesma maneira que existem outros com dezenas ou centenas delas. Seu emprego é em função, principalmente, do relevo da localidade. Classificam-se segundo a água que recalcam, bruta ou tratada, e o tipo de bomba.

A água potável, desde sempre, foi controlada e racionada por todo tipo de aglomerado populacional. Ao longo da história da civilização humana encontra-se provas de arquedutos, termas, reservatórios etc, com formas diversas e materiais distintos. Com o passar do tempo, sente-se a necessidade de se manter em bom estado esses SAA (Grilo, 2007).

Dessa forma, a operação dos SAA está se tornando uma atividade complexa, pois precisa atender uma demanda cada vez mais crescente, com um desafio extra: poder atender as necessidades dos usuários com estruturas de abastecimento bastante antigas, provenientes da formação dos primeiros conglomerados urbanos. Lidar com problemas de deterioração das obras de construção civil (reservatórios, ETA etc), dos equipamentos mecânicos ou eletrônicos; interrupção ou diminuição da captação, devido escassez de recursos hídricos em qualidade e quantidade aceitáveis; diminuição da capacidade de tratamento; e, a incapacidade de manter o bombeamento da vazão inicialmente prevista leva a criação de novas estruturas, interligações ou melhoramentos das já existentes (Venturini *et al.*, 2001).

## 3.6 As redes de distribuição e seus componentes

O termo rede de distribuição deriva da forma como são instaladas as tubulações, pois estas formam uma rede de condutos interligados entre si, o que possibilita diversas derivações para a rede de água potável dos imóveis abastecidos. Devido a essa peculiaridade, uma rede mal projetada ou mal operada, é permanente fonte de problemas, no que tange as perdas de água e a reclamações dos usuários (Prince, 2006).

De acordo com Prince (2006), são itens constantes numa rede de distribuição de água:

- As vazões de distribuição de água, para atender áreas específicas de consumo em que a localidade ou a área do projeto estiver subdividida, bem como as vazões demandadas por consumidores singulares (grandes consumidores) e as vazões de área de expansão;

- A delimitação da área que será abastecida, com os arruamentos existentes e as áreas de expansão previstas para serem ocupadas dentro do alcance do projeto, em consonância com as legislações do planejamento urbano ou documento semelhante;

- Os contornos das diferentes áreas específicas, segundo o tipo de ocupação prevista (residencial, comercial, industrial ou especial) e os respectivos adensamentos populacionais ou ocupacionais, ou ainda, de acordo com as vazões específicas;

- Análise das instalações de distribuição de água existentes, esta é importante para se conhecer como tais instalações podem ser integradas a um novo projeto;

- Estabelecimento das zonas de pressão e localização dos reservatórios de distribuição;

- Definição do volume e nível de água dos reservatórios de distribuição;

- Fixação do diâmetro das tubulações, que podem ser de dois tipos, secundárias e principais. Os condutos secundários têm menor diâmetro e estão em contato direto com os prédios que irão abastecer. Já os principais, têm maior diâmetro e alimentam os secundários. São as tubulações tronco ou condutos mestre e correspondem ao abastecimento de extensas áreas da cidade;

- O traçado dos condutos, que pode ser de rede ramificada e malhada. No primeiro caso, estão presentes em áreas que apresentam desenvolvimento linear e as ruas não se conectam entre si, devido a topografia ou traçado urbano. Nas redes malhadas, as ruas formam malhas, com as tubulações interligadas nas duas extremidades;

- Estabelecimento dos setores de manobra e medição. Os setores de manobra são aqueles que possibilitam o isolamento da rede quando da execução de obra ou serviços de reparo e manutenção, sem a necessidade de interromper o abastecimento como um todo. O setor de medição é uma parte da rede que tem como finalidade acompanhar a evolução do consumo da água, com avaliação das perdas de carga e perdas de água; e,

- Definição da localização e dimensionamento de órgãos acessórios da rede, tais como os hidrantes para o combate a incêndios e as válvulas (manobra, descarga, redutora de pressão).

## 3.7 Melhorias nas redes de distribuição dos SAA

Quando comparada a outros tipos de infra-estrutura de rede, a do sistema de abastecimento de água é considerada como bastante confiável. Torna-se comum encontrar redes de distribuição, com mais de 100 anos, em que não existem registros de interrupção ou vazamento. Isso se deve, muitas vezes, ao fato de que vários equipamentos necessitam, apenas, de uma manutenção mínima e rotineira. Por se tratar, geralmente, de um sistema que não é visível, é tido como certo. No entanto, é imprescindível que se realize em seus componentes uma boa manutenção, a fim de que seja prolongada a sua vida útil (Mays, 1999).

Entende-se como vida útil (técnica) de um SAA, o período durante o qual seus componentes desempenham adequadamente as funções para as quais foram concebidos e projetados, sem que para tal tenha havido custos de manutenção e reparação imprevistos. Como a infra-estrutura desse tipo de sistema é constituída por um conjunto de componentes com natureza, vida útil e data de construção diferentes, a sua durabilidade é indefinida (Grilo, 2007).

Contudo, muitas das redes de distribuição de água dos SAA atuais já excederam largamente o tempo de vida útil para o qual foram dimensionadas. Mas, várias são as atividades que podem ser executadas para manter a integridade dessa infra-estrutura de distribuição, dentre elas estão: a substituição programada de componentes, a restauração de determinados pontos decorrentes de uma ampliação, a reformulação dos projetos de concepção e a modernização dos mesmos (Venturini *et al.*, 2001; Grilo, 2007).

A implantação dessas melhorias pode ser o resultado de boas práticas de operação, manutenção e replanejamento do sistema de distribuição. A equipe que trabalha com a eficientização da água deve ter como tarefa identificar e priorizar as oportunidades de melhora. O ideal é que esse processo de planejamento forneça condições de visualizar o impacto das melhorias em alguma área e em outras partes do sistema (James *et al.*, 2002).

E vários são os benefícios observados quando esse trabalho acontece. O primeiro deles é o impacto positivo na saúde do consumidor; o benefício prolongado, em decorrência da substituição ou fortalecimento de pontos fracos e obras de reparação; otimização da utilização da infra-estrutura existente e o diferimento de investimentos imediatos; a melhora na relação entre oferta e consumo; a redução de despesas com manutenção e menos interrupção de tráfego no sistema; a menor incidência de danos a outros serviços; a atualização e o complemento da planta existente; e, por último, mas não menos importante, a venda de água, um benefício para o responsável do fornecimento do serviço (Mukhopadhyay, 1994).

### 3.7.1 Principais problemas encontrados

Os problemas mais comuns encontrados nas redes de distribuição são**:** vazamentos; alto nível de atrito dentro dos canos; *layout* impróprio e **s**uper planejamento; **s**eleção incorreta dos equipamentos; **e**quipamentos velhos e desatualizados; manutenção escassa; e, desperdício de água potável (James *et al.*, 2002).

De acordo com Mays (1999), os principais fatores de deterioração das redes estão relacionados a:

a) Desgaste normal. Ao longo do tempo, a maioria dos componentes de rede irá se desgastar. Como existem poucos componentes móveis, não são extremamente sensíveis a problemas de degradação. As partes móveis, como aquelas que controlam as válvulas, por exemplo, através de uma manutenção rotineira, podem continuar funcionando adequadamente por muito tempo.

b) Corrosão. Uma boa quantidade dos canos das redes é de metal e está, constantemente, em contato com um eletrólito. Isso faz com que o metal tenda a corrosão. A corrosão conduz a perda do metal, o enfraquecimento do componente e, no último instante, a falha.

c) Excesso de carga. Alguns componentes das redes de distribuição podem falhar porque a carga colocada para o seu funcionamento excede aquela constante no projeto de concepção. Exemplos disso são os canos quebrados pela excessiva pressão ou cargas externas aumentadas em qualquer componente, por conta do incremento da demanda.

d) Erros de fabricação e instalação. Itens podem ser projetados de forma adequada, mas podem vir com defeitos de fabricação, ou mesmo, serem instalados incorretamente. Uma boa qualidade dos materiais e equipamentos e, da própria instalação dos mesmos, devem ser exigidos dos fornecedores (de produtos e serviços) e os contratos precisam ser bem rigorosos nesse aspecto para que não haja, por exemplo, tubulação vulnerável a corrosão acelerada, devido ao revestimento ser de má qualidade.

Então, com o passar do tempo de uso da tubulação, ela perde suas propriedades originais. Isso acontece, dentre outros fatores, por conta do depósito de material/incrustação na superfície interna do tubo e pela corrosão. Estas ocorrências podem ter origem no meio externo onde a tubulação foi instalada ou nas características do líquido transportado. Assim, para aumentar a durabilidade da tubulação e garantir seu bom desempenho hidráulico, são necessárias medidas preventivas e o emprego de técnicas de proteção das tubulações (metálicas) contra a corrosão (Kuroda & Pádua, 2006). Portanto, observações constantes devem ser feitas em todos os itens que compõem a rede de distribuição, a fim de se evitar situações indesejáveis em pontos específicos do sistema (Mays, 1999).

### 3.7.2 A reabilitação das redes de distribuição dos SAA

O conceito de reabilitação deve ser traduzido como melhorias nos sistemas, através de intervenções físicas. O objetivo é otimizar o controle operacional de forma integrada. Logo, a definição de reabilitação pode estar intrinsecamente associada ao conceito de ampliação e restauração do sistema analisado (Venturini & Barbosa, 2002).

Em muitas ocasiões, os termos reabilitação, substituição ou renovação são utilizados de forma incorreta, ou seja, confundem-se os seus respectivos conceitos. De acordo com Alegre *et al.* (2004 *apud* Grilo, 2007), é imprescindível definir, corretamente, o conjunto de termos relacionado à reabilitação, dentre eles estão:

- **Renovação:** qualquer intervenção física capaz de prolongar a vida do sistema e melhorar o seu desempenho (no todo ou em parte), mantendo a capacidade e a função inicial.

- **Substituição:** troca de uma instalação existente por uma nova, quando a que existe não é utilizada para o seu objetivo inicial.

- **Reconstrução:** é um caso particular de substituição em que, a função da nova instalação é a mesma da que existia antes.

- **Reforço:** construção de uma instalação adicional que complemente a capacidade de outra já existente ou que lhe sirva de alternativa.

Diante dessas definições, entende-se como reabilitação qualquer intervenção física que prolongue a vida da rede de distribuição do SAA existente e/ou melhore o seu desempenho estrutural, hidráulico e/ou de qualidade da água, envolvendo uma alteração da sua condição ou especificação técnica. Em geral, refere-se ao sistema ou a um setor e não a componentes individuais, além disso, não se trata de uma melhoria do sistema decorrente de novas medidas de operação ou ações de manutenção corrente (Alegre *et al.*, 2004 *apud* Grilo, 2007).

O processo de reabilitação de redes pode ser dividido em duas fases: diagnóstico e implantação de medidas para a superação dos problemas. A etapa do diagnóstico compreende o conhecimento da questão, através da simulação do funcionamento hidráulico do abastecimento, com a calibração de modelos que possam reproduzir o que, efetivamente, se dá na prática. Já o estabelecimento de estratégias de reabilitação, que deve levar em conta os aspectos técnicos e econômicos (minimização de custos), faz parte da etapa de implantação (Gomes & Bezerra, 2005).

A tabela 3.3 apresenta uma síntese dos tipos de reabilitação e a sua relação com as atividades de reconstrução, renovação, substituição e reforço.

*Tabela 3.3 - Tipos de reabilitação e operações*

| **REABILITAÇÃO ESTRUTURAL** | **REABILITAÇÃO HIDRÁULICA** | **REABILITAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA** |
|---|---|---|
| Renovação | Renovação (eventualmente) | Renovação |
| Substituição | Substituição | Substituição |
| | Reforço | |

*Fonte: Adaptado de Alegre et al. (2004 apud Grilo, 2007)*

A partir dessas informações, entende-se que os problemas de deterioração que ocorrem nas redes de abastecimento estão associados a questões estruturais, hidráulicas e de qualidade da água. As soluções e técnicas disponíveis para saná-los são diversificadas e dependem do tipo de problema. Existem práticas convencionais (como por exemplo, limpeza e substituição das tubulações) e práticas não convencionais (que permitem a intervenção sobre a infra-estrutura enterrada, sem abertura de vala, com o objetivo de minimizar custos sociais) (Venturini & Barbosa, 2002).

### 3.7.3 Principais tecnologias e métodos de reabilitação de redes de distribuição

As técnicas de reabilitação existentes impactam nos aspectos estruturais e não estruturais das redes de distribuição. O objetivo das técnicas estruturais é restaurar a integridade estrutural da tubulação e aumentar sua força mecânica, de maneira a suportar a pressão a qual está sujeita. As técnicas não estruturais objetivam a melhoria ou restabelecimento de boas condições hidráulicas ou sanitárias para reduzir vazamentos ou inserção da tubulação, ou para providenciar proteção contra corrosão (Venturini *et al.*, 2001).

Existem, basicamente, dois métodos de reabilitação: o não destrutivo e o destrutivo. De acordo com a Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva - ABRATT, o método não destrutivo pertence a uma família de métodos, materiais e equipamentos cuja utilização pode estar relacionado a construção de novas redes ou na recuperação das existentes no sub-solo, com a menor ruptura possível na superfície, menor influência no sistema viário, pouca ou

nenhuma influência no entorno da obra (comércio e serviços) e outras atividades (Palazzo, 2007).

O processo destrutivo envolve a retirada da rede antiga e a instalação de uma nova tubulação de diâmetro igual ou superior. No momento da execução desse processo é necessário remover a superfície pavimentada, abrir a vala, deslocar a terra para outro local, remover a tubulação antiga, refazer o berço, assentar a tubulação, fazer o recobrimento da tubulação e por fim a repavimentação da superfície (Venturini *et al.*, 2001).

Devido a essas características, esse método associa-se a problemas como: pouco avanço tecnológico nos últimos 50 anos, nível de planejamento e implementação fraca, muita interferência durante a implantação e a dificuldade de se conseguir autorização para a abertura de valas pelos órgãos públicos responsáveis. Esse tipo de método deveria ser encarado como uma opção e não como uma alternativa única, como acontece em países como o Brasil, que utiliza o método destrutivo quando se apresentam altos índices de rompimento, alta taxa de incrustação e corrosão, porque se trata de operação onerosa, que exige a remoção de uma grande área pavimentada, movimento de terra, corte no abastecimento aos usuários e os transtornos causados pela obstrução das vias públicas (Palazzo, 2007; Venturini *et al.*, 2001).

A opção pelos métodos não destrutivos pode trazer vantagens como a mínima influência no tráfego, a independência da metereologia, mais segurança, redução de danos ao ambiente, redução da interferência nas atividades comerciais locais, aumento da produtividade e acesso a pontos inacessíveis pelo outro método. Os métodos não destrutivos são praticados comumente em alguns países como Inglaterra, Estados Unidos e Alemanha (Palazzo, 2007; Venturini *et al.*, 2001).

### 3.7.4 Técnicas de reabilitação de redes de distribuição mais utilizadas

De acordo com Selvakumar *et al.* (2002), as principais técnicas de reabilitação que utilizam o método não destrutivo, tratam da colocação de uma fina camada de material resistente à corrosão sobre a superfície interior do tubo. O revestimento é aplicado para evitar vazamentos e aumentar a vida útil. Lembrando que o revestimento não aumenta a integridade estrutural do tubo. Os principais tipos de revestimento utilizados são, segundo os autores:

**a) Revestimento de argamassa de cimento**

Consiste no revestimento do interior dos condutos com argamassa de cimento. O contato da argamassa com o material do tubo leva a maior resistência e durabilidade do mesmo. O procedimento de aplicação consiste no seccionamento do conduto e a raspagem das

incrustações e outros resíduos de corrosão. Em seguida coloca-se a argamassa, através de um *spray*. A presa da argamassa é feita no intervalo de 10 a 12 horas e, logo depois desse período, o conduto é limpo com água sob pressão. Cerca de 24 horas depois, a tubulação está livre para funcionamento (Grilo, 2007).

Na figura 3.4 é possível visualizar o antes e o depois da tubulação, com a aplicação da técnica de revestimento de argamassa de cimento.

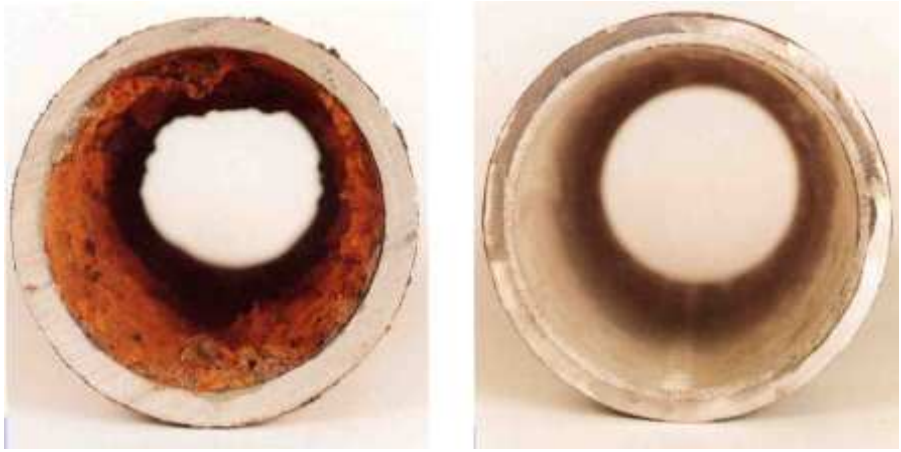

*Figura 3.4 – Conduto antes de reabilitar e reabilitado*
*Fonte: Grilo (2007)*

As vantagens da técnica estão associados a compatibilidade do método com o ambiente, já que não existe a utilização de materiais tóxicos na execução da limpeza e no revestimento; a redução da perturbação da superfície; mínimas intervenções no tráfego; período curto de intervenção; e, os custos são reduzidos comparados com outros tipos de solução (Grilo, 2007).

As limitações referem-se ao aumento das despesas e morosidade em trechos longos de tubulação; a necessidade de se trocar de técnica, após a aplicação do material no interior dos tubos, já que esta não garante uma maior durabilidade estrutural a eles; ao fato de esta ser uma solução provisória, em decorrência das características do material utilizado; e, a não permissão do aumento significativo da parte hidráulica (Grilo, 2007).

**b) Revestimento com epóxi**

É uma técnica que tem como objetivo melhorar as características hidráulicas das redes e, ao mesmo tempo, prevenir a acumulação de tubérculos nas paredes da tubulação, portanto, não corrige a deterioração da mesma. Mas, uma vez utilizado esse revestimento, não haverá contato entre a água potável e a tubulação antiga, o que pode ocasionar uma redução do interior da tubulação. De acordo com Gray (1992 *apud* Venturini *et al.*, 2001), a limitação

dessa técnica está no fato da mesma não poder ser aplicada na tubulação com grandes manchas de corrosão e essa deve estar livre também de corrosão externa.

Além dessas técnicas, Grilo (2007) destaca algumas tecnologias que consistem no re-entubamento, dentre elas estão:

**a) Re-entubamento simples (*sliplining*)**

Consiste na colocação de um tubo de menor diâmetro no interior da tubulação a reabilitar. A sua utilização vincula-se ao fato de poder diminuir o diâmetro do conduto original. É uma operação simples, rápida, com aplicação em trechos longos e pouca interferência nas atividades circundantes, bem como, o uso da tubulação a reabilitar para proteger o novo tubo, evitando problemas como as pequenas fugas. Tem como desvantagens a perda da capacidade de transporte do escoamento; como, em geral, utiliza-se materiais de PVC, não se aconselha essa técnica quando se trata de trechos com grandes sobrecargas diametrais ou em sistemas submetidos a grandes pressões; e, sempre que ocorre uma fuga, o local onde a água aparece na superfície pode não corresponder ao local onde realmente isso aconteceu, podendo incorrer no risco de reabilitar trechos bons (Grilo, 2007).

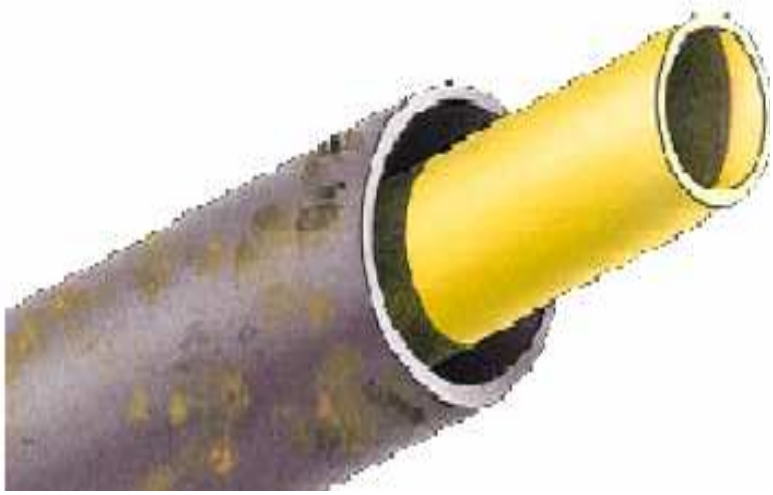

*Figura 3.5 – Re-entubamento simples*

*Fonte: Grilo (2007)*

**b) Re-entubamento por destruição da tubagem existente (*pipe bursting*)**

É a reabilitação com destruição da tubulação, usando a força radial de dentro dessa. Os fragmentos são comprimidos para o exterior e uma nova tubulação é puxada atrás da cavidade formada pelo equipamento de fragmentação. A condição estrutural da tubulação existente não é um aspecto considerado fundamental se o cabo de tração for inserido e puxado, desde o

local de tração até o de inserção. Existem três tipos de equipamentos fragmentadores: hidráulico, pneumático e auto-propulsor (Simicevic & Sterling, 2001; Venturini *et al*., 2001).

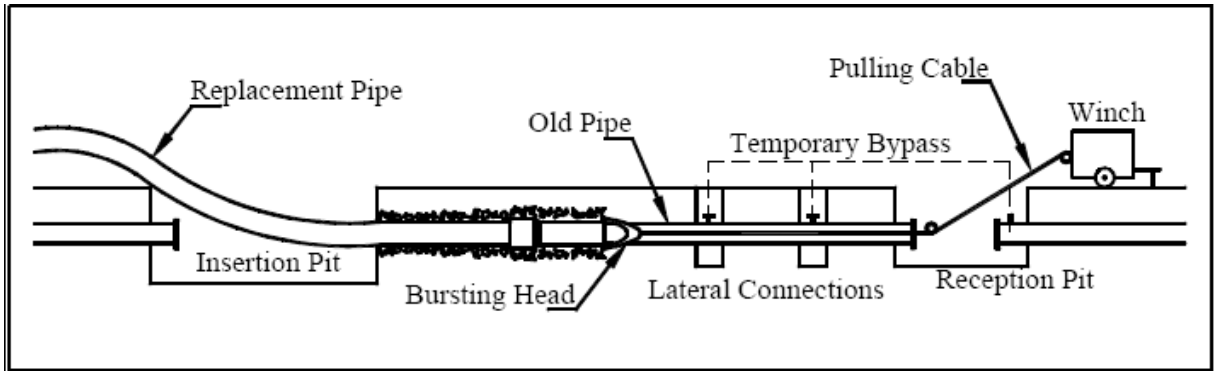


*Figura 3.6 – Layout de uma operação típica de pipe bursting*

*Fonte: Simicevic & Sterling (2001)*

As vantagens apresentadas nessa técnica estão no fato de poder ser instalada, rapidamente, em trechos longos; ideal para trechos que precisam de aumento de diâmetro dos tubos ou substituição de um material com maior resistência à compressão diametral; e, é mais economicamente viável em tubulações profundas, quando não se pode abrir valas ou quando os solos forem instáveis. Entre as desvantagens estão questões relacionadas ao elevado ruído e vibração que, em certas localidades, pode não ser aconselhável; pode ocasionar perturbações nos terrenos e tubulações adjacentes; e, obriga a abertura de poços de ataque, o que pode não ser recomendável em algumas zonas urbanas (Grilo, 2007).

*Figura 3.7 – Processo de rebentamento da tubagem existente*

*Fonte: Grilo (2007)*

**c) Re-entubamento por redução diametral temporária (*rolldown*)**

Consiste na introdução de condutas de polietileno comprimidas diametralmente, no interior de uma tubulação já existente. É uma técnica de rápida execução e sua aplicação pode ser feita em tubulações com extensões superiores a 1500 metros, por cada inserção. O grande inconveniente dessa técnica é o alto custo e a não indicação de seu uso para tubulações que necessitem de reabilitação estrutural (Grilo, 2007).

**d) Re-entubamento com tubo de parede dobrada (*subline*)**

Consiste na introdução de um tubo, previamente dobrado em fábrica, no interior de um conduto a reabilitar. É utilizada somente com tubos de polietileno e sempre que seja necessário utilizar um tubo que fique o mais justo possível com o conduto a reabilitar, a fim de que não se perca a capacidade de transporte da água. É um processo econômico, resolve as questões de fugas e corrosão, e como fornece o re-entubamento justo e polido, aumenta a capacidade de transporte do conduto, aplicação em trechos com mais de 1000 m de extensão, minimiza o tempo de interrupção no abastecimento de água, não perturba serviços adjacentes e tem vida útil de 50 anos. As limitações referem-se a possível expansão do polietileno, que pode causar danos ao conduto e ao fato deste não ganhar resistência diametral tão grande como as outras técnicas (Grilo, 2007).

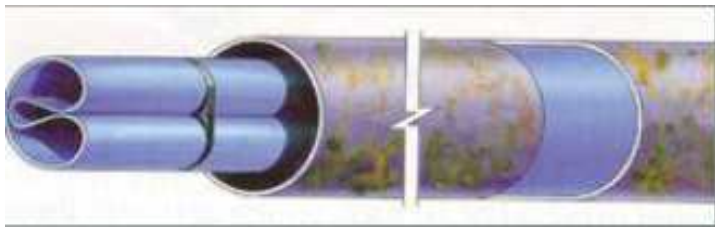

*Figura 3.8 – Tubo dobrado*

*Fonte: Palazzo (2007)*

# 4 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E DECISÃO PARA SAA

Este capítulo aborda os sistemas de informação e decisão utilizados no gerenciamento de recursos hídricos. Logo em seguida, apresenta um levantamento dos principais SAD desenvolvidos para planejar as intervenções de melhoria em sistemas de abastecimento de água e alguns detalhes dos modelos UtilNets e CARE-W, como, por exemplo, que tipo de informação estes processam, os relatórios que geram e as principais limitações de tais modelos.

Os SAD voltados para o gerenciamento dos recursos hídricos têm como principais características o processamento de um número elevado de dados de diferentes fontes, que precisam ser bastante trabalhados e tem como abordagem uma coleta automática e em tempo real, através da divulgação de informação via www e via satélites topográficos telegerados (como, por exemplo, radar, GPS). A utilização de tecnologias avançadas é um recurso bastante utilizado nesse tipo de sistema porque a tomada de decisão precisa estar embasada, principalmente, na avaliação dos impactos de medidas de atuação para diferentes cenários e na comparação de soluções alternativas de gestão integrada da água (Vieira, 2006).

Para Cirilo *et al.* (2000), o que se espera, na verdade, de sistemas de informações para recursos hídricos é que o mesmo forneça suporte à administração da água, visando o uso racional, a diminuição de conflitos e a proteção dos mananciais; suporte ao planejamento das ações de intervenção que sejam necessárias; possibilidade de composição de informações para o desenvolvimento de estudos, planos e programas; dados e instrumentos de processamento que sejam capazes de identificar a situação presente e realizar projeções da oferta/demanda por água, em termos de bacia hidrográfica e por outras unidades de análise territoriais; e, por fim, fornecer dados e instrumentos para a tomada de decisão em situações de calamidade pública (como, por exemplo, secas e inundações).

Ainda segundo Cirilo *et al.* (2000), um SAD para recursos hídricos deve produzir informações, referentes a séries históricas de dados hidrometeorológicos e de qualidade da água. Deve possuir um cadastro de obras, redes de monitoramento, usuários, municípios; um estudo sobre as características físicas e socioeconômicas das regiões, mapas e imagens; informações documentais, como leis, planos, estudos, resoluções. Além disso, deve conter um sistema de informação geográfica integrado; sistemas periféricos de coleta de dados primários (redes telemétricas); ter a capacidade de analisar dados sobre o tratamento de dados de chuva,

vazão, qualidade da água; geração dinâmica de cadastros; entrada de novas informações e atualização do banco de dados; busca e cruzamento de informação; modelos de simulação; e, disseminação das informações aos usuários.

Numa pesquisa realizada por Evers (2008), com especialistas europeus, um SAD responsável pela gestão integrada dos recursos hídricos deve abordar quatro aspectos principais:

a) Compilação de dados e acesso rápido a informações e conhecimentos. Deve-se manter uma base central de dados regularmente atualizada, fácil, de livre e rápido acesso. Todas as informações pertinentes e conhecimentos atuais devem estar presentes. Com informações normalizadas e disponíveis no momento certo, os responsáveis pelo planejamento e especialistas na área terão os mesmos fundamentos para decisão.

b) Participação/explicação/justificativa. Esse aspecto tem como objetivo mostrar as pessoas que a decisão tem uma base sólida. Além disso, o decisor não se preocupa mais com aspectos técnicos (tarefa dos peritos) e concentra-se, efetivamente, na decisão, que tem a vantagem de não ser tendenciosa.

c) Apoio ao planejamento/processo de tomada de decisão. Desenvolvimento de cenários e conseqüências é tido como crucial nesse item. Outras questões importantes são as informações sobre a maneira de cumprir metas, fornecendo tanto orientações para o planejamento, como uma abordagem estrutural lógica para as decisões.

d) Manipulação da complexidade/melhor compreensão/perspectivas futuras. O SAD deve ser acessível e reduzir a complexidade de determinados problemas. Combinar informação e mostrar as inter-relações de médio e longo prazos das situações, assim como gerar conhecimento ao usuário e novas informações ao sistema.

As informações processadas por esses SAD podem ser classificadas em espaciais, tabulares e documentais. Essa é a classificação geral das informações para recursos hídricos, de acordo com Oliveira *et al.* (1999 *apud* Cirilo *et al.*, 2000):

- Informações espaciais são aquelas intrinsecamente associadas a algum tipo de coordenada que as caracterizam e identificam relativamente a outras entidades localizadas no mesmo sistema coordenado. Sua representação é um ponto ou qualquer figura geométrica, que numa aplicação aos recursos hídricos representarão reservatórios, cidades, canais, postos de observação etc.

- Informações tabulares são descritivas ou resultantes de medições ou definições, não necessitando de referência espacial para seu entendimento. São as informações cadastrais e

fazem parte do dia-a-dia dos estudos, projetos e planos de recursos hídricos. Apesar de terem sentido próprio, a sua associação a aspectos espaciais permite que sejam melhor qualificadas e quantificadas.

- Informações documentais são os relatórios técnicos, legislação, planos, projetos, inventários, obras, editais e todo material impresso e gravado magneticamente. São extremamente importantes porque constituem a memória do que já foi feito no passado, evitando repetição de esforços, servindo de insumos pra futuras operações.

A intenção é que essas informações gerem relatórios que abordem questões sobre demanda x oferta de água nas regiões, alternativas de gestão da água com base em cenários de longo prazo, indicação de regiões com deficiência de água, o estado do sistema hídrico, viabilidade econômica, social, técnica e institucional das possíveis alterações que possam vir acontecer, em termos ambientais etc (Maia & Schumann, 2007).

Para Chukwuma (1998), os relatórios gerados pelos SAD podem englobar itens como tipos, quantidades, fontes e distribuição de materiais no ambiente; efeitos dessas substâncias (nas dimensões espacial e temporal, bem como a concentração e o impacto); e, os custos, as formas e os meios para a modificação desses insumos, concentrações, efeitos e tendências.

As dificuldades associadas a aplicação de SAD na gestão de recursos hídricos passam pelos elevados custos de manutenção e gerenciamento de *hardware* e *software*. Além disso, com a integração de outros recursos tecnológicos sente-se a necessidade de ter usuários que conheçam os sistemas de informações geográficas, sistemas de sensoriamento remoto etc. Poucos profissionais estão habilitados para exercer tal função. Outro fator importante é a linguagem de comunicação utilizada, que precisa ser a mesma para todos os sistemas incorporados ao SAD, o que nem sempre é possível. (Miller *et al*., 2004).

## 4.1 Medidas para reabilitação de SAA

Diante do envelhecimento da infra-estrutura de rede de SAA, as empresas gestoras desses serviços podem adotar dois tipos de postura: reativa e preventiva. Numa atitude reativa a reabilitação das redes é realizada em caráter de emergência. E, nesse caso, os profissionais responsáveis para a reparação das falhas fazem isso com o único objetivo de restabelecer seu funcionamento, sem considerar se o método utilizado pode trazer benefícios a longo prazo para o sistema. Esse tipo de atitude pode levar a uma taxa mínima de reabilitação e, muito provavelmente, os componentes da rede irão dar origem a operações que envolverão um custo

elevado, nos períodos seguintes (Saegrov *et al.*, 1999; Engelhardt *et al.*, 2000; Eisenbeis *et al.*, 2002; Mukhopadhyay, 1994).

Numa abordagem preventiva, é possível que as empresas planejem suas ações financeiras de curto, médio e longo prazos, através da análise das redes de seus SAA, com a obtenção de degradações que podem ocorrer nesses períodos de tempo. Esse planejamento depende, invariavelmente, do conhecimento de todas as características do sistema. A análise preditiva, sempre que possível, deve vir acompanhada de um profundo estudo de qual é o impacto ocasionado pelos numerosos parâmetros existentes no processo e no desempenho do mesmo, quando as redes apresentarem características de deterioração. Isso se faz necessário, dado que é importante otimizar as conseqüências financeiras da reabilitação, com uma certa compreensão econômica dos impactos disso no desempenho do sistema (Saegrov *et al.*, 1999; Engelhardt *et al.*, 2000; Eisenbeis *et al.*, 2002).

## 4.2 Principais SAD para a reabilitação de redes de abastecimento de água

Em vários lugares do mundo os SAD são utilizados, com a finalidade de auxiliar na reabilitação das redes de abastecimento de água. Países como Escandinávia, França, Alemanha e Reino Unido utilizam tais sistemas para produzir relatórios sobre os principais pontos de perdas e fugas de água, estatísticas sobre as condições de possíveis fracassos da canalização, inspeção de tubos etc (Saegrov *et al.*, 1999).

Alguns desses modelos priorizam as questões econômicas, outros enfatizam questões técnicas. Para Engelhardt *et al.* (2000), o modelo de decisão para reabilitação de redes de SAA deve estar apoiado numa questão principal: otimização econômica para o responsável do serviço e garantia de um desempenho dentro das normas.

De acordo com Wright (1994 *apud* Engelhardt *et al.*, 2000) esse tipo de sistema deve englobar uma avaliação adequada da qualidade da água, um estudo hidráulico estendido (20 anos), o planejamento de estimativas de procura pela água, identificação de quais componentes podem causar problemas ao longo de determinados períodos de tempo, a identificação de clientes sensíveis a prestação dos serviços e a escolha do melhor método de reabilitação, através dessas análises.

A idéia principal é que tais sistemas de suporte à decisão de reabilitação de redes possam contemplar nas suas funcionalidades, impreterivelmente: a construção de cenários, avaliando o diagnóstico e mostrando alternativas para o cumprimento dos objetivos; detalhes

minuciosos das relações existentes entre terra-água-ecossistemas; o estudo de extremos (*ranking* de medidas), ilustrando prioridades de nível superior, as inter-relações dos níveis, modelações de longo prazo e apresentação do amplo domínio de todos os benefícios; determinação do problema/oportunidade e definição de objetivos, com metas realistas; visualização da informação (uso de mapas, por exemplo) é indispensável; boa gestão no processamento de dados (análise histórica, flexibilidade, rápido acesso, acompanhamento on-line etc); uma arquitetura aberta e flexível, com estrutura de nível escalável de informação; e, a informação sobre a qualidade dos dados incluídos ou modelos utilizados para gerar soluções (Evers, 2008).

De acordo com Moglia *et al.* (2006), os principais SAD desenvolvidos com o objetivo de reabilitar redes de abastecimento de água, ao redor do mundo, são:

a) KANEW

Utilizado para identificar aspectos gerais da extensão de tubulação e material adequados para a substituição da rede como um todo, a cada ano. Para isso é utilizada uma análise estatística da vida útil da tubulação. A desvantagem desse modelo é que não existe a possibilidade de estabelecer a priorização de itens para a reabilitação (Moglia *et al.*, 2006).

A aplicação deste só deve ser considerada quando se analisam as possibilidades de reabilitação estratégica de toda a rede, pois o mesmo não conduz a avaliação de tubulações específicas. Além disso, não considera aspectos relacionados com a capacidade hidráulica, qualidade da água, confiabilidade do sistema e a renovação das necessidades de melhorias. O modelo assume que essas características são em função da idade da tubulação e são contabilizados em função dos níveis de serviços (Rostum, 2000).

b) PRAWDS

É um modelo que utiliza métodos estatísticos para relacionar taxas de quebra e de pressão com a idade da tubulação. Ele tenta otimizar as soluções estratégicas para reabilitação dos condutos, através de modelos matemáticos (Moglia *et al.*, 2006).

c) WRAP

Sistema que estabelece uma metodologia de *score* e onde são dados pesos para questões subjetivas. As falhas não são avaliadas com base, apenas, em uma rígida análise estatística ou histórica. Esse modelo tenta focar na relação custo x benefício da estratégia, levando em consideração a interação entre fatores objetivos e subjetivos (Moglia *et al.*, 2006).

d) PARMS-PLANNING

É um sistema de planejamento de longo prazo, inclusive para as questões orçamentárias. É utilizado para a previsão de taxas de insucesso, despesas e custos de uma série de estratégias (Moglia *et al.*, 2006).

Segundo Grilo (2007), os principais SAD utilizados para o planejamento de melhorias nas redes de abastecimento de água aparecem em dois grupos principais. O primeiro deles baseia-se em modelos voltados para a condição estrutural das tubulações, onde são empregadas análises estatísticas e de previsão. São sistemas que correlacionam o histórico de reparação de vazamentos e rupturas nos condutos com as características da rede, tipo e idade da tubulação, propriedades químicas da água, tipos de solo e condições de operacionalidade. O segundo grupo, baseia-se em critérios técnicos e econômicos e requerem uma descrição detalhada da rede e integração de dados financeiros.

Com o propósito de identificar como esses SAD funcionam e suas principais características, serão analisados o UtilNets e o CARE-W que podem ser considerados os mais abrangentes, em termos de informações que são levadas em consideração, no momento da formulação de estratégias para a reabilitação (Grilo, 2007).

### 4.2.1 Modelo UtilNets

O UtilNets é um SAD, desenvolvido pela União Européia, utilizado no planejamento de manutenção e reabilitação de redes de distribuição de água. Foi construído com o objetivo de realizar previsões sobre as conseqüências das manutenções efetuadas ou as possíveis negligências cometidas, ao longo do tempo, em toda a infra-estrutura. Também conta com um sistema de informação geográfica, o que permite a avaliação de determinados problemas, através da visualização de mapas (Engelhardt *et al.*, 2000).

É um sistema voltado para análise de redes de ferro, mas pode ser estendido a tubulações constituídas por outros materiais. Suas principais funcionalidades são: relatórios gerados, através de modelos probabilísticos, que oferecem previsões de como se comportarão as estruturas hidráulicas, a qualidade da água e a possibilidade de falhas, ao longo de vários anos; avaliação de aspectos qualitativos e quantitativos, como conseqüência das escolhas de reabilitação ou da negligência desta, ao longo do tempo; seleção da opção ótima de reabilitação para cada tipo de falha; análise dos gastos necessários a reabilitação, em termos estruturais, hidráulicos e de qualidade da água; e, avaliação da fiabilidade da rede (Engelhardt *et al.*, 2000).

Uma das principais características do sistema é que o mesmo não necessita de uma base histórica de dados, desde o tempo de instalação das redes, por exemplo. Através de dados disponíveis de anos recentes (de manutenção, de falhas) e amostras dos materiais, é possível realizar uma previsão de reabilitação das redes. Diferentemente de outros sistemas, o UtilNets baseia-se em modelos físicos de processo de degradação. Por fundamentar-se na análise física das redes, questões prioritárias desse sistema envolvem dados referentes a 16 variáveis, dentre eles, a temperatura a qual a tubulação se submete, a voltagem da rede elétrica, o tráfego existente nas áreas etc (Engelhardt *et al.*, 2000).

Os relatórios fornecidos, a partir desse tipo de avaliação, expõem dados de reabilitação para segmentos individuais (esperança de vida de muitos trechos da tubulação) e o *ranking* de reabilitação dentro de toda rede. O sistema trata de questões como a esperança de vida de determinado trecho da tubulação; as probabilidades das pressões adotadas estarem de acordo com as características do sistema, num período curto de tempo; segmentos que irão causar problemas de sujeira na água; qual a reabilitação mais adequada para determinado problema; qual orçamento necessário para a reabilitação; e, a previsão de gastos com reabilitação nos próximos 5 a 10 anos (Engelhardt *et al.*, 2000).

É possível, por esse modelo, comparar o estado real de comportamento da rede de distribuição, com a demanda solicitada, pressão mínima de funcionamento e máxima velocidade permitida para cada tubo (Rostum, 2000).

As desvantagens apresentadas pelo UtilNets começam quando este leva em consideração apenas o primeiro registro de falha da tubulação. Outros fatores limitantes dizem respeito a quantidade de variáveis elevadas para a avaliação de cada conduto (16 variáveis), além da necessidade de se coletar amostras de tais componentes; a simulação apenas de redes de ferro; e, a análise hidráulica é feita sem um simulador de rede hidráulica (Rostum, 2000).

### 4.2.2 Modelo CARE-W

O projeto do CARE-W tem como objetivo desenvolver um conjunto de ferramentas que ofereça a melhor relação custo x eficiência, na manutenção e reparação de redes, a fim de garantir segurança no abastecimento de água, atendendo as questões sociais, econômicas, ambientais e de saúde. Trata-se de uma abordagem pró-ativa, que foi criada com o propósito de estabelecer um modelo racional de decisão que possibilite os gestores de recursos hídricos decidirem sobre questões de intervenção de melhorias nas redes, no momento certo (Saegrov, 2003).

É composto por sete módulos: (a) previsão de falhas, (b) determinação da fiabilidade hidráulica, (c) planejamento estratégico de melhoria, a longo prazo, (d) indicadores de desempenho, (e) tomada de decisão multicritério para a criação de prioridades em grupos de condutos, (f) análise custo x benefício e (g) interface de SIG (Alegre *et al.*, 2004 *apud* Grilo, 2007).

Esse modelo gere também um sistema de informação geográfica, isso porque permite ao mesmo introduzir, importar, exportar, selecionar, gerir dados, correr aplicações associadas a cada módulo e apresentar geograficamente tanto dados como os resultados. O módulo de aplicação de indicadores está baseado nos indicadores adotados pela *International Water Association.* A previsão de falhas é feita através de modelos estatísticos e, de uma forma geral, o modelo só pode ser utilizado quando existirem dados históricos de 5 anos ou mais. No módulo de fiabilidade, o modelo requer um sistema de simulação hidráulica (Grilo, 2007).

De acordo com Grilo (2007), a principal vantagem apresentada pelo CARE-W consiste na integração entre estrutura do problema de reabilitação, com as aplicações do diagnóstico e de planejamento. Além dessa, possui uma base de dados centralizada e um sistema de informação geográfica, que permite selecionar as áreas de análise, representando-as graficamente e com referência espacial dos resultados. Como desvantagem está o fato de requerer a disponibilidade de registros históricos com alguns anos (mais de 5, como ordem de grandeza) e exigir uma variedade de dados muito complexa e, em geral, muito consumidora de tempo.

A partir da avaliação dos principais modelos de SAD encontrados, entende-se que não existe uma metodologia que leve em consideração cada situação em particular. Na totalidade das vezes, esses sistemas abordam ou questões muito genéricas ou muito específicas. Uma rede de distribuição que constitui um SAA não é igual a outra, não está localizada em regiões semelhantes, em termos de consumo, de lucro, de usuários.

Logo, o decisor depara-se, constantemente, com situações únicas, em que precisa decidir qual a melhor técnica a utilizar, quais recursos esta demanda, quais as conseqüências, não só financeiras, a sua escolha pode ter. A configuração de um modelo que leve em consideração essa peculiaridade é uma oportunidade de planejar as intervenções de melhoria de maneira a atender cada rede de distribuição, de forma diferenciada, respeitando-se suas limitações.

# 5 MODELO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO E DECISÃO

Neste capítulo será apresentado o desenvolvimento do modelo de um sistema de informação e decisão para o planejamento das intervenções de melhorias em SAA, seu fluxograma e as etapas que o compõem.

## 5.1 Etapa preliminar de construção

A sistematização desse modelo começou a partir de observações realizadas no processo decisório de uma empresa fornecedora de serviços de abastecimento de água. O principal objetivo foi identificar se havia algum tipo de planejamento para as intervenções de melhoria nas redes de abastecimento de água.

E, na realidade, não existe nenhum tipo de planejamento, tão pouco um processo de se identificar e priorizar melhorias. O que existe é um processo reativo, onde se detecta problema, cuja principal fonte é o número de reclamações registradas no 0800 disponibilizado pela empresa, com o objetivo de avaliar a percepção dos usuários dos serviços que estão sendo prestados. Quando o número de reclamações torna-se constante e bastante elevado, o departamento operacional localiza as plantas que contém o projeto hidráulico dessa região e tenta entender o que pode estar ocasionando essa insatisfação do usuário.

As plantas, projetadas de maneira manual, muitas vezes encontram-se desatualizadas e podem não conter o motivo principal de determinado problema. Quando isso acontece, uma equipe é enviada ao local para verificar se houve alguma alteração da rede que não está registrada e para obter, ou mesmo atualizar, os índices de pressão e vazão de água dessa região.

A partir dessas informações, inicia-se o monitoramento dos índices de vazão e pressão dessa localidade, em horários que são (ou deveriam ser) de maior consumo. Esse acompanhamento é realizado através de um *pocket* onde se registram as informações, *in loco*, e, no final do dia, são repassadas ao setor operacional, que registra e gera um relatório para a direção da empresa. Esse relatório nada mais é do que um gráfico gerado pelo Excel, onde se compara a evolução dos dados dia-a-dia.

Então, não há uma avaliação prévia dos possíveis riscos econômicos ou de desempenho que o sistema pode ter se o problema não for solucionado de forma adequada. Quando se fala num sistema de gestão que possa auxiliar nesse processo, capaz de gerar relatórios mais ricos,

em termos de informação, a constatação é que o mesmo existe, mas é pouco utilizado, porque não disponibiliza informações da forma como o gestor deseja. Os gráficos saem numa escala que fica inviável a sua impressão, os dados disponibilizados nem sempre saem da forma que se espera e, não há, o interesse em se aprender a gerar esses relatórios de outra maneira, porque o sistema é muito caro e qualquer outra operação que possa causar um problema que as (poucas) pessoas que foram treinadas para manuseá-lo não conseguirem resolver, isso pode atrapalhar as ações rotineiras.

Então, as informações são copiadas desse sistema e passadas para o Excel. O que se verifica a execução da mesma tarefa por duas vezes: a inserção de dados no sistema de informação e no Excel para a produção de relatórios. Além disso, o sistema de informação disponível não possui uma rede de monitoramento integrada dos SAA existentes nas diversas regiões atendidas. Existe uma sala no setor de operações onde cada responsável pelo acompanhamento da rede emite, via rádio, os principais acontecimentos do dia.

A partir dessa coleta de informações, o modelo proposto fundamenta-se numa abordagem pró-ativa para identificação e priorização de melhorias que podem ser executadas nos SAA. É uma oportunidade de se conhecer e registrar os componentes, as suas principais características e a criação de um banco de dados histórico e atualizável, objetivando a eficiência técnica e operacional, o aumento do desempenho do sistema (níveis de serviço) e a geração de um produto com qualidade e quantidade necessária para a satisfação do usuário.

Esse modelo também objetiva o compartilhamento de informações e de acesso aos principais responsáveis pelas questões de melhoria nos SAA. As diferentes áreas envolvidas (responsável pela decisão, profissionais de manutenção e de operação) não só podem, como devem, inserir e coletar dados no sistema para eficientizar ainda mais a tomada de decisão.

De acordo com Francato (2002), a falta de interação entre os profissionais envolvidos nesse processo pode causar diversos transtornos para a organização. Uma melhor interação entre setores evitaria erros na concepção e operacionalização de determinado projeto de intervenção. Simples informações como a implantação de novas válvulas, fornecidas pelo setor de manutenção pode facilitar algumas das atividades planejadas. O não cadastramento dessas pode gerar uma base de dados não confiável ao setor operacional e prejudicar, em muitos casos, o atendimento das regras estabelecidas para execução das tarefas.

## 5.2 Caracterização sumária dos SAA

No planejamento de operações de sistemas o ideal é que se avalie cada detalhe de seu conjunto, isso inclui o cadastro técnico conhecido e confiável, a fim de que não necessite uma verificação *in loco*. Dados como mapa dos arruamentos da cidade, o projeto de rede e sua topologia, onde seja possível identificar acessórios como válvulas, *boosters*, tubos, reservatórios etc, são fundamentais. Faz-se necessário também conhecer as demandas de cada parte do sistema, ao longo do dia ou da semana, por exemplo. No entanto, na maioria das cidades brasileiras esse cadastro encontra-se desatualizado ou incompleto (Francato, 2002).

Na etapa de caracterização sumária, as informações que devem estar à disposição do gestor dizem respeito a: identificação, descrição e comportamento hidráulico dos SAA existentes nas regiões.

**a) Identificação do SAA**

Os dados coletados para a identificação incluem: nome do sistema, instituição responsável, unidade de federação, que locais são abastecidos (que município, nomes dos distritos), data do cadastro (dia, mês e ano) e a indicação se é um sistema integrado ou isolado.

**b) Descrição do SAA**

Na descrição encontram-se dados que se referem a: número total e por categoria das ligações existentes (residenciais, comerciais, industriais, públicas), média anual de consumo de água, coordenadas do ponto de captação (latitude e longitude), tipo de manancial e o tipo de tratamento utilizado.

**c) Comportamento hidráulico do SAA**

O comportamento hidráulico dispõe de dados que incluem: o projeto hidráulico completo, com memoriais, especificação de materiais e serviços, planilhas de cálculos e desenhos.

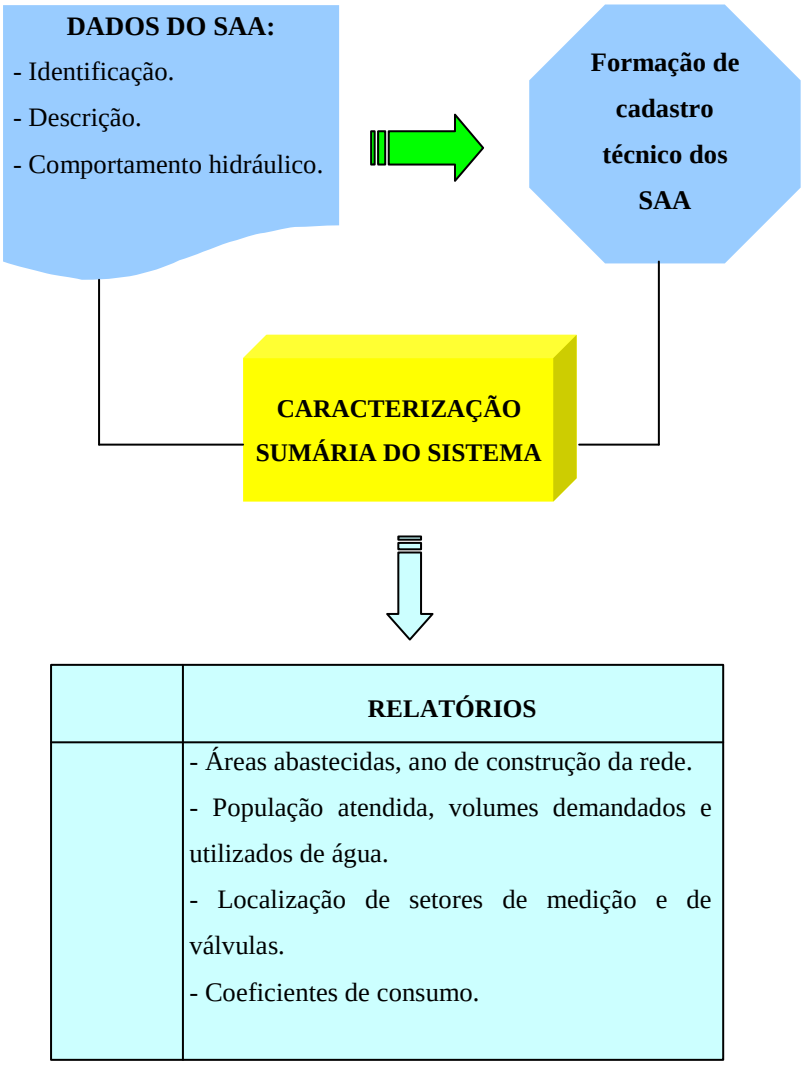


*Figura 5.1 – Etapa de caracterização sumária do sistema*

*Fonte: O Autor*

Além da informação sobre o sistema clássico de abastecimento, é importante saber, nos pontos em que não há fornecimento de água por esses sistemas, qual a situação da população em relação ao consumo, ou seja, identificar se existe acesso a água e quais são as soluções alternativas de abastecimento para esse contingente de pessoas. Esse aspecto é primordial no sentido de coletar informações sobre a intervenção da população em projetos de água que sejam ambientalmente prejudiciais.

O cadastro técnico das soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento seria semelhante ao do sistema clássico, diferindo apenas das fontes utilizadas para captação do recurso hídrico, como por exemplo, caminhão pipa, chafariz, água de chuva (para as

alternativas coletivas) e rios, barragens, açudes, poços d'água, cisternas, olhos d'água, bicas etc (para as alternativas individuais).

Os relatórios de gestão fornecidos nessa etapa devem conter informações do tipo: áreas abastecidas; população atendida; tamanho da rede; ano de construção da rede; volumes de água demandados; velocidades mínimas e máximas da água, a partir do diâmetro das tubulações; localização das zonas de pressão, das tubulações principais e secundárias e as características das ruas (pavimentadas, com ou sem muito trânsito, proximidade de grandes consumidores ou de áreas e de edifícios protegidos contra incêndio); característica da rede de distribuição: ramificada ou malhada; localização de setores de manobra e de medição; localização das válvulas de manobra, de descarga e as redutoras de pressão, além dos medidores de vazão; tempo de vida útil estimada dos componentes; quantidade de água consumida por dia; coeficiente do dia de maior consumo e da hora de maior consumo.

Além destes, itens como: quais novas ligações foram anexadas ao sistema, quando foi realizada a limpeza de determinados componentes (da primeira até a mais recente, caso seja possível), qual a técnica utilizada, quais resultados foram obtidos, o registro de falhas, quebras, fugas, ou seja, qualquer atividade voltada para o melhoramento do sistema, deve ser registrada. O objetivo principal dessa etapa é que o cadastro técnico torne-se elemento fundamental para a operação dos SAA. E este precisa ser o mais completo possível e atualizado.

É necessário avaliar quais informações estão disponíveis para serem utilizadas de imediato e quais ainda devem ser coletadas. A avaliação dos custos dessa coleta, bem como a forma de operacionalizá-la, são itens que precisam ser planejados. Para os casos em que as informações disponíveis sejam incompletas, uma possível saída é estabelecer quais delas são essenciais naquele momento e isso vai depender muito da visão do decisor e das condições técnicas e econômicas da empresa.

Dentro desse contexto, o modelo proposto inicia com a identificação de uma oportunidade de melhoria nas redes de abastecimento, e a partir daí é feita uma consulta ao cadastro técnico do sistema e a avaliação dessa oportunidade. As etapas posteriores contemplam o diagnóstico completo do sistema, a definição das linhas de ação, seleção e escolha da melhor alternativa e a implementação, monitoramento e controle dos resultados, conforme figura 5.2.

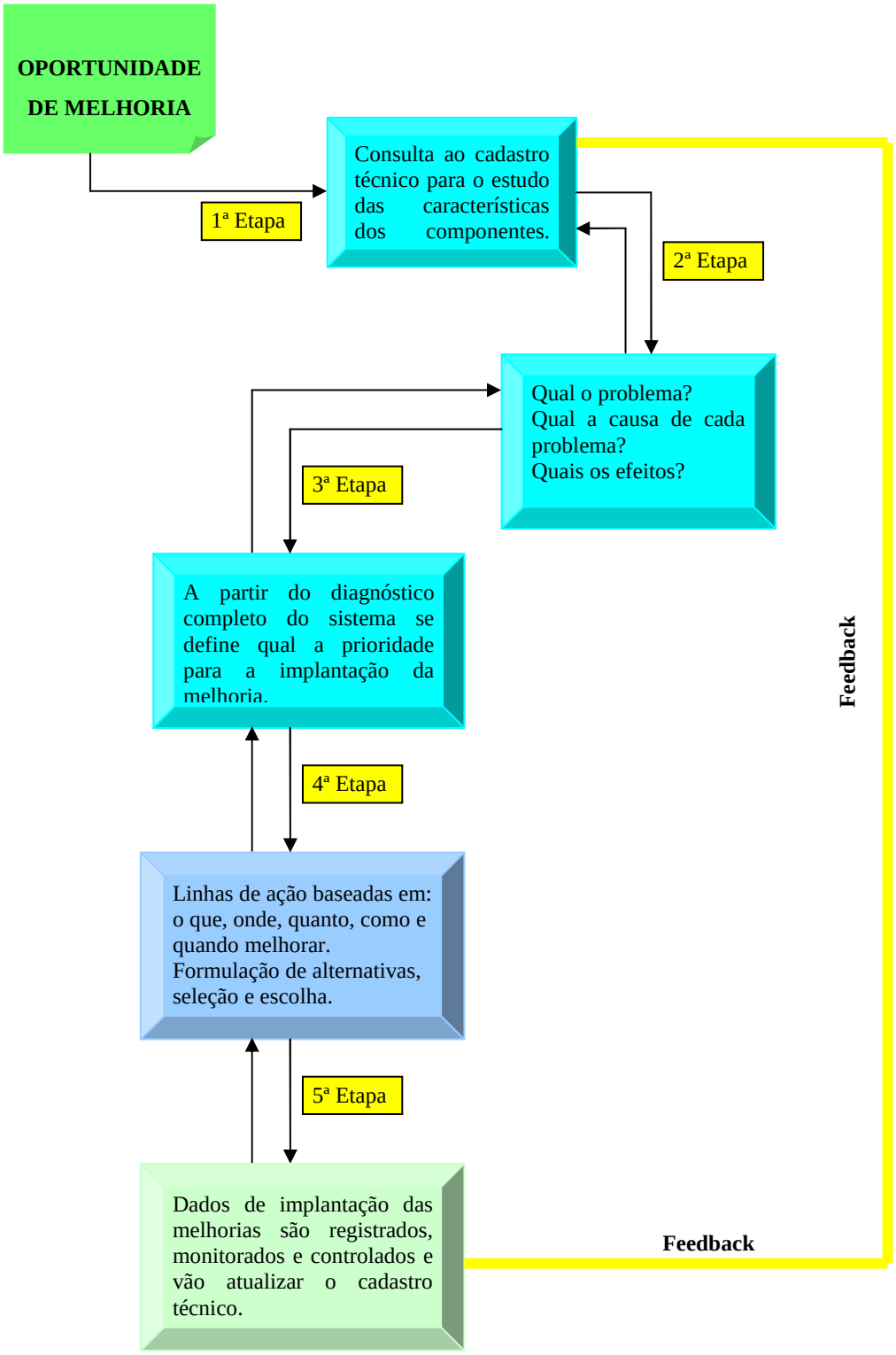


*Figura 5.2 – Fluxograma do modelo*

*Fonte: O Autor*

## 5.3 Avaliação das oportunidades de melhoria do sistema

As oportunidades de melhoria nos SAA aparecem quando se prevê uma situação onde um ou vários componentes do sistema não irão trabalhar, conforme o esperado ou de acordo com o que foi projetado. A identificação dessa situação é o objetivo dessa etapa.

O processo de identificação pode ser feito a partir de constante observação e monitoramento dos componentes do sistema, através de tecnologias apropriadas, para a obtenção, processamento e transmissão de dados. São técnicas ligadas a macromedição e pesquisas e micromedição, bem como a utilização de sensores para transmissão de dados em tempo real (telemetria e telecomando) e o geoprocessamento. Elas são responsáveis por estabelecer as normas e procedimentos para a obtenção, processamento, análise e atualização de dados operacionais relativos a vazão, pressão, volume de água demandado pelos ramais prediais etc, bem como registrar e manter atualizadas as informações técnicas dos SAA.

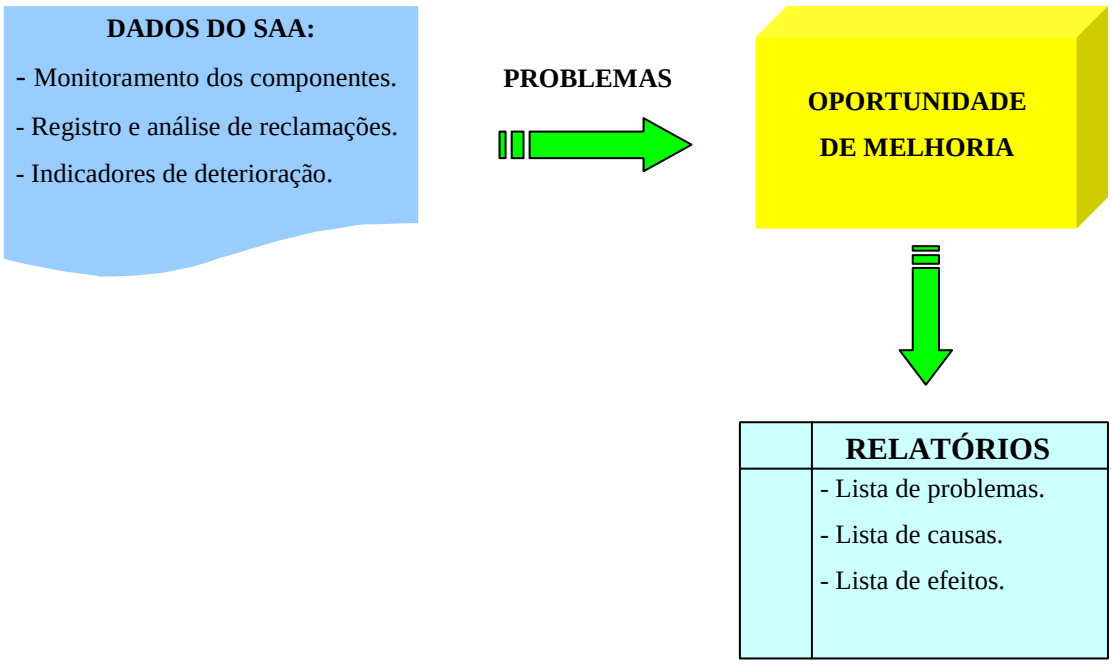


*Figura 5.3 – Etapa de avaliação das oportunidades de melhoria*

*Fonte: O Autor*

A utilização dessas tecnologias deve possibilitar atividades de: pesquisa de vazamentos não aparentes; determinação instantânea da vazão e pressão de todos os componentes (antigos ou recém-instalados); aferição e calibração de macromedidores; aferição de manômetros; manutenção e redimensionamento de hidrômetros; monitoramento do consumo de clientes

especiais; dentre outros. Então, qualquer alteração nessas atividades, pode afetar o desempenho do sistema e tornar-se um problema.

Além desse processo, a análise dos registros de reclamações é uma fonte que deve ser levada em consideração, porque trata de problemas identificados pelos usuários e, em geral, estão relacionados ao não abastecimento em dias ou horários previstos pela empresa, bem como da alteração de cor ou sabor da água.

O uso de indicadores de deterioração também pode ser utilizado como uma fonte de identificação de possíveis problemas. De acordo com Saegrov *et al.*, (1999), o indicador mais utilizado é o número de quebras. No entanto este deve ser utilizado com cuidado, já que as quebras podem ter origens distintas: deterioração normal da rede, questões ambientais ou operacionais. Portanto, o registro e atualização constante dessas fontes de informação podem levar o decisor a identificar, de maneira mais rápida, um ponto que pode ser melhorado.

Os relatórios gerados, nessa etapa, têm como objetivo produzir informações para quatro grupos principais: (1) problemas identificados, (2) causas, (3) efeitos (4) quantidade e/ou qualidade da água. A cada registro de dados nesses grupos vão se formando listas, que estarão disponíveis para consulta e avaliação em outras oportunidades.

Exemplos do conteúdo dessas listas podem ser observados a seguir:

*Tabela 5.1 – Listas de problemas, causas e efeitos*

| **PROBLEMAS** | **CAUSAS** | **EFEITOS** | **QUANTIDADE E/OU QUALIDADE DA ÁGUA** |
|---|---|---|---|
| Quebras | Desgaste | Não abastecimento de determinada localidade | Afeta só a quantidade, só a qualidade ou as duas. |
| Falhas | Aumento da pressão | Desperdício ou perda de água | Afeta só a quantidade, só a qualidade ou as duas. |
| Interrupções | Corrosão | Aumento do número de reclamações | Afeta só a quantidade, só a qualidade ou as duas. |

*Fonte: O Autor*

Essas listas podem ser criadas, no momento da elaboração do SAD, através de dados registrados na caracterização sumária, das três fontes de identificação de problemas e da experiência do decisor.

## 5.4 Diagnóstico completo do sistema

O diagnóstico completo do sistema pode iniciar-se analisando as informações registradas nas listas confeccionadas na etapa anterior. Isso pode acontecer através da utilização de métodos matemáticos, capazes de fornecer uma análise detalhada dos danos que determinados problemas podem causar ao sistema, ao longo do tempo. É nessa etapa que se pretende verificar a extensão, a severidade e a natureza do envelhecimento do sistema.

A fim de se analisar e classificar os problemas identificados, de modo a priorizar as ações de melhoria, a opção foi adotar o WRIAM (*Water Resources Issues Assessment Method*), uma nova metodologia para análise e classificação de problemas hídricos (Lima, 2007). É uma variação do RIAM (*Rapid Impact Assessment Method*), cujo objetivo principal é preparar uma avaliação semi-quantitativa, identificar e classificar os impactos de projetos específicos. O WRIAM foi desenvolvido como parte de um projeto de gerenciamento integrado de recursos hídricos em *Burkina Faso*, pela DHI *Water and Environment* e pelo UCC-Water (*UNEP Collaborating Centre on Water and Environment*) (Lima, 2007).

A escolha do WRIAM aconteceu devido ao fato de ser um método atual, capaz de avaliar questões como a necessidade da água, fatores econômicos, políticos, sociais e ambientais. Além disso, identifica e classifica as principais causas e efeitos decorrentes de possíveis situações de melhoria em sistemas de recursos hídricos. Uma pontuação é atribuída aos diferentes tipos de problema que podem surgir no sistema e cada um deles pode ser avaliado independentemente de acordo com critérios pré-definidos. Com o WRIAM é possível atribuir valores quantitativos para assuntos subjetivos.

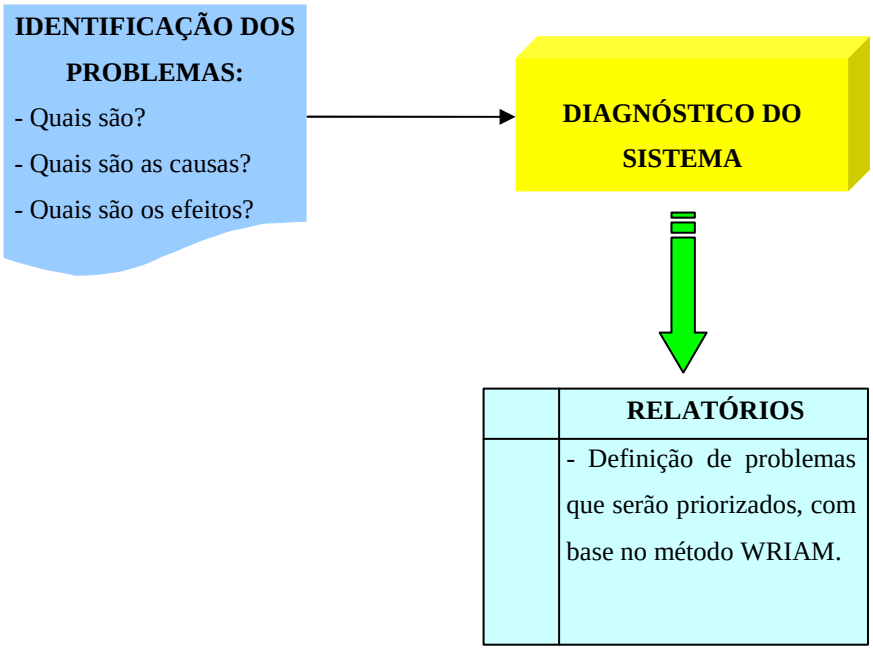


*Figura 5.4 – Etapa de diagnóstico completo do sistema*

*Fonte: O Autor*

De acordo com Alibhai (1996), a melhoria do sistema de esgoto e de abastecimento de água é um negócio oneroso. Então, o aspecto econômico é um dos critérios mais importantes nessa etapa. Informações a respeito de investimentos passados feitos no sistema, custos específicos da tecnologia de reabilitação, custos fixos e variáveis da produção de água, preço da água, índices de preços e restrições orçamentárias são fundamentais.

Outros critérios como a taxa anual de reabilitação dos componentes; a idade dos componentes; a taxa anual de falhas e de fugas; os índices de quebra no mesmo ano; os índices de pressão e vazão; a qualidade da água; e, as restrições no uso de determinadas técnicas, como a impossibilidade de aberturas de valas em determinados locais, também podem ser estabelecidos como requisitos para as intervenções de melhoria. São as variáveis operacionais.

Questões políticas, ambientais e sociais podem aparecer nessa avaliação. Como por exemplo, ampliação de SAA para a urbanização de localidades, a fim de atender um projeto cuja autoria é da Prefeitura; características topográficas, geológicas e geotécnicas das regiões; e, os possíveis impactos sobre a saúde dos usuários.

O balanço entre todas essas questões pode ser feito através do WRIAM, que as gerencia de forma a prevenir e resolver problemas. Na metodologia adotada é possível fornecer o

impacto e um registro que pode ser usado, no futuro, para reavaliação ou comparação com outro impacto.

O primeiro passo para o uso do WRIAM é identificar e classificar as principais causas e efeitos das oportunidades de melhoria, relacionadas as redes de distribuição de sistemas de abastecimento de água. O gestor, através das listas criadas na etapa anterior, pode fazer essa classificação. Caso não haja a identificação de determinado problema na lista, o gestor pode adicionar um novo.

Após essa etapa de identificação, faz-se necessário classificar tais problemas. Logo, uma pontuação é atribuída aos diferentes tipos de problema e cada um deles pode ser avaliado, independentemente, de acordo com os critérios pré-definidos.

Os critérios se apresentam divididos em dois grupos distintos:

1) Critérios relacionados com a importância do problema ou do efeito, que podem modificar a pontuação de forma considerável.

2) Critérios relacionados com detalhes de cada problema. Estes têm menor efeito na classificação dos problemas.

Para o grupo A, a pontuação dada aos critérios pelos decisores é multiplicada, o que garante que o peso do sistema de pontuação em cada um dos requisitos seja levado em consideração. Já o grupo B tem a pontuação de cada critério somada, o que garante que a pontuação de um determinado critério não possa ter influência no resultado final. Essa soma também garante que a importância coletiva de todos os requisitos seja levada em consideração.

Então, tem-se: $A1 \times A2 = AT$

$B1 + B2 = BT$

$AT \times BT = OS$

Onde:

AT = Resultado da multiplicação dos critérios do grupo A.

BT = Resultado da soma dos critérios do grupo B.

OS = É o resultado final da importância do problema considerado

Embora seja possível definir vários critérios, os que irão ser utilizados pelo sistema, nos grupos A e B, devem obedecer a dois princípios básicos: (1) universalidade e importância do critério e (2) a natureza do critério, pois esta determina se ele deve pertencer ao grupo A ou B.

Lembrando que a escala para análise dos critérios do grupo A terão somente valores positivos e o valor zero é evitado na avaliação do grupo B, pra não ocorrer falha no método, caso seja feita essa escolha, para todos os requisitos. Os valores, então, variam de 1 a 3, com o valor 1 representando uma situação neutra.

Como o WRIAM foi criado para avaliar questões relacionadas a preservação das bacias hidrográficas, cinco critérios foram definidos inicialmente. São dois critérios para o grupo A e três para o grupo B. Estes se apresentam como os mais importantes para avaliação dos problemas dessa natureza (Lima, 2007).

Então, tem-se para o grupo A: extensão geográfica dos usuários afetados (extensão geográfica do problema e dos interesses que possa afetar) e gravidade do problema / necessidade de ação. Para o grupo B: freqüência do problema, ações mitigadoras (informações sobre a redução, alteração do problema, a partir de ações corretivas) e o caráter evolucionário do problema (Lima, 2007).

Para a avaliação dos problemas nas redes de distribuição de abastecimento de água, o WRIAM foi adaptado e passou a obedecer, além de seus princípios básicos, questões referentes a extensão, severidade e natureza do problema. Foram adotados, portanto, 6 critérios.

<u>Para o grupo A</u>:

1) Número de usuários afetados com a intervenção (Por quanto tempo? Quanto custará a parada?).

A1 = 3 - Alto

A1 = 2 - Médio

A1 = 1 - Baixo

A1 = 0 – Nulo

2) Grau de comprometimento dos componentes da rede (Necessita de troca urgente? Que fatores podem contribuir para uma possível quebra?).

A2 = 3 - Alto

A2 = 2 - Médio

A2 = 1 - Baixo

A2 = 0 – Nulo

3) Grau de monitoramento da área afetada (Área toda monitorada? Em quais horários? São horários de pico?).

A3 = 3 – Alto

A3 = 2 – Médio

A3 = 1 – Baixo

A3 = 0 – Nenhum

Para o grupo B:

1) Freqüência desse tipo de problema (Anual, semestral?).

B1 = 3 - Alta

B1 = 2 - Média

B1 = 1 – Baixa

2) Grau em que pode ser evitado (O problema é evitado com uma simples manutenção? Com a troca de componentes?).

B2 = 3 - Alto

B2 = 2 - Médio

B2 = 1 – Baixo

3) Gravidade das conseqüências negativas (A técnica a ser utilizada é a mais complicada? Tem pessoal qualificado para executá-la? É muito cara?)

B3 = 3 – Alta

B3 = 2 – Média

B3 = 1 – Baixa

Como em muitos casos, não é possível obter todas as informações necessárias para a análise dos problemas, o WRIAM apresenta uma classificação para o problema em relação ao nível de informação. No entanto, essa análise não consta na matriz de avaliação, é apenas um registro a parte. A classificação adotada para o nível de informação é: (0) sem informação, (1) pouca informação, (2) com informações, mas insuficientes e (3) bem documentado.

Já o resultado da matriz de avaliação classifica os problemas em:

*Tabela 5.2 – Resultado da matriz de avaliação*

| OS | CLASSIFICAÇÃO | |
|---|---|---|
| 0 | 0 | Sem importância |
| 1-9 | 1 | Baixa prioridade |
| 10-18 | 2 | Prioridade |
| 19-35 | 3 | Impacto moderado |
| 36-71 | 4 | Significante |
| 72-108 | 5 | Prioridade máxima |

*Fonte: Adaptado de Lima, 2007*

### 5.4.1 Simulação do método WRIAM

Com o objetivo de entender os principais aspectos da aplicação do método WRIAM, será realizada uma simulação de como este funciona na avaliação e priorização de problemas relacionados a redes de distribuição e abastecimento de água.

A partir das listas de problemas, causas, efeitos e quantidade e/ou qualidade da água criadas, faz-se a avaliação de cada item, com base nos critérios adotados. A tabela 5.3 apresenta um problema de quebra que passará por essa análise.

*Tabela 5.3 – Problema de quebra*

| PROBLEMA | CAUSA | EFEITO | QUANTIDADE E/OU QUALIDADE DA ÁGUA |
|---|---|---|---|
| Quebras | Desgaste | Não abastecimento de determinada localidade | Afeta a quantidade |

*Fonte: O Autor*

O decisor deve estabelecer, para cada critério uma pontuação, tanto para o grupo A como para o grupo B, conforme itens a seguir.

<u>Grupo A</u>

Critério 1: pontuação 2 (número de usuários afetados – médio)

Critério 2: pontuação 3 (grau de comprometimento da rede – alto)

Critério 3: pontuação 1 (grau de monitoramento da área afetada – baixo)

Logo em seguida, as pontuações estabelecidas para cada critério são multiplicadas e o resultado final para o grupo A, é:

**AT = 2 x 3 x 1 = 6**

Grupo B

Critério 1: 3 (freqüência do tipo de problema – alto)

Critério 2: 2 (grau em que pode ser evitado – médio)

Critério 3: 2 (gravidade das conseqüências negativas – média)

Para o grupo B, as pontuações de cada critério são somadas, com resultado final:

**BT = 3 + 2 + 2 = 7**

Por fim, faz-se a multiplicação dos totais dos grupos A e B. Esse resultado vai indicar a classificação do problema avaliado.

**OS = AT x BT** = **6 x 7 = 42**

Neste caso, com resultado final de 42, a matriz de avaliação do WRIAM classifica o problema como significante. Para cada problema encontrado, o gestor deve realizar o mesmo processo, o que formará um *ranking* de prioridades, indicando em quais situações é necessária uma intervenção mais urgente.

## 5.5 Definição das linhas de ação, seleção e escolha da melhor alternativa

A partir da análise anterior, nessa etapa, o decisor precisa traçar um cenário em que surjam as respostas para os seguintes questionamentos quanto a intervenção de melhoria: O que melhorar? Onde esta melhoria será efetivada? Quando ocorrerá? Quanto custará? Como realizar tal operação?

A partir das respostas a essas questões é possível criar relatórios que informarão ao tomador de decisão a viabilidade da aplicação de intervenção. Informações sobre os custos da operação, bem como o tempo pra execução da obra, a população atingida e qual a melhor técnica a ser utilizada irão nortear a escolha da melhor alternativa. E essa deverá ser escolhida através de um processo de simulação de cenários, a fim de que se verifique quais os impactos dessa para os padrões de desempenho do sistema.

Para Savic *et al.* (1997), a seleção de uma alternativa de melhoria de um SAA é uma tarefa que envolve diversos fatores, entre eles: um grande número de componentes (canos, bombas, válvulas etc), a evolução dinâmica de um processo de falha, a deterioração de tubos, a existência de um certo grau de acoplamento entre os diferentes componentes, limitados recursos disponíveis e a dificuldade em quantificar muitos dos benefícios e custos.

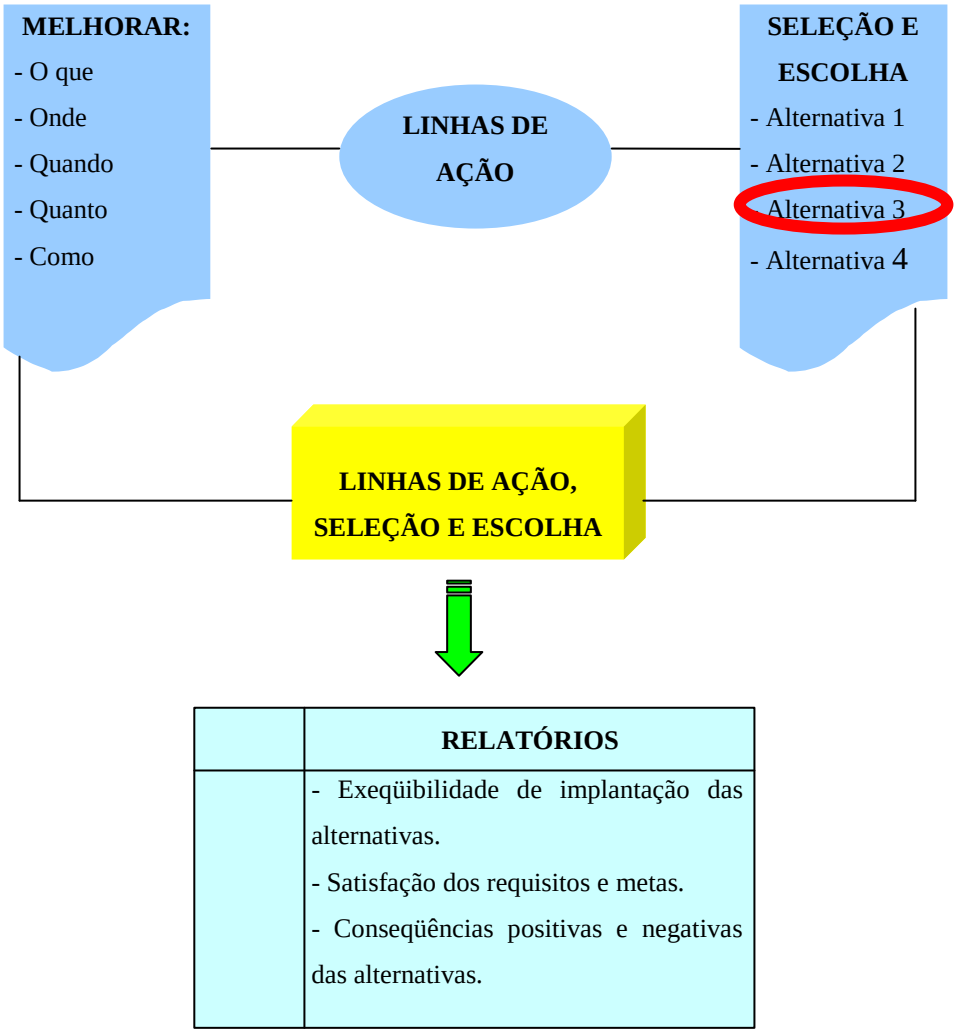


*Figura 5.5 – Etapa de desenho das linhas de ação, seleção e escolha*

*Fonte: O Autor*

As informações geradas, nessa fase, garantirão ao gestor as respostas da exeqüibilidade da implantação de cada alternativa (em termos de recursos e das obrigações legais e éticas), como também se a alternativa é satisfatória, ou seja, qual a sua probabilidade de dar certo e como ela atende as metas de decisão e, por fim, poder identificar quais as conseqüências possíveis de determinada escolha, através da análise de como esta afetará todas as áreas envolvidas e como será possível diminuir ou eliminar as conseqüências negativas. A escolha da melhor alternativa virá acompanhada de dados com alocação de recursos, orçamentos, cronogramas para o cumprimento das ações e atribuição de responsabilidades.

## 5.6 Registro, monitoramento e controle dos resultados

Após a escolha da melhor alternativa e do cumprimento das ações estabelecidas nos documentos de execução das intervenções, os dados referentes a implantação devem ser registrados, monitorados e analisados. O objetivo dessa etapa é criar um número maior de informações sobre as melhorias empreendidas pela empresa, a fim de que possa ser consultada futuramente e, em situações semelhantes, agir mais rapidamente, sabendo dos benefícios e possíveis problemas que poderão ser encontrados.

*Figura 5.6 – Etapa de registro, monitoramento e controle*

*Fonte: O Autor*

Os relatórios dessa etapa disponibilizarão informações sobre o número de dias para execução da melhoria, especificações dos equipamentos e materiais usados, a resposta imediata do sistema (em termos de desempenho) etc. Espera-se, nessa fase, a obtenção de um documento que possa oferecer ao gestor um confronto do que foi projetado com o que foi praticado, identificando, em especial, quais as principais dissonâncias apresentadas, bem como os motivos dessa (coleta equivocada de dados, técnica não disponível no mercado, profissional não capacitado pra execução etc).

## 5.7 Discussão do modelo

O modelo de sistema de informação e decisão para o planejamento das intervenções de melhoria nas redes de distribuição de água apóia-se, essencialmente, na formação e atualização do cadastro técnico dos SAA, um item importantíssimo no estudo dos problemas que podem vir a surgir nas redes de abastecimento.

O objetivo da construção do modelo é oferecer uma ferramenta para preencher uma lacuna existente entre o que um sistema de informação pode fornecer e o que o usuário realmente utiliza no seu dia-a-dia, no tocante aos problemas das redes de distribuição. Por isso, a utilização do método WRIAM, confeccionado, em geral, para ser utilizado na primeira fase de construção de SAD voltados para resolução de problemas hídricos.

O WRIAM possibilita ao decisor detectar e confeccionar listas de problemas, causas e efeitos, utilizando uma planilha eletrônica simples, onde este consegue visualizar o *ranking* de priorização formado e construir cenários para cada item deste. Quando uma oportunidade de melhoria for encontrada, simulações serão feitas para estabelecer a sua exeqüibilidade de implantação, a sua probabilidade de resolver o problema e as suas conseqüências positivas e negativas. Métodos multicritérios podem ser utilizados na avaliação dos cenários construídos, permitindo que cada alternativa seja avaliada sob diversos aspectos (social, tecnológico, econômico etc).

Então, o modelo reforça a necessidade de se ter registros atualizados dos SAA e uma melhor interação entre os atores envolvidos no processo de decisão dessa natureza (gestor, equipe de manutenção e operação). Além disso, não se fundamenta, apenas, na viabilidade econômica ou técnica de cada decisão, já que o método WRIAM também lida com questões políticas, sociais e ambientais.

É importante ressaltar que outros critérios para análise de problemas podem ser criados, no momento da construção da matriz de avaliação. Além disso, a forma como o modelo foi sistematizado, permite que outros métodos de identificação, avaliação e priorização de problemas possam ser utilizados.

# 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente capítulo contempla a análise de todos os assuntos discutidos neste trabalho, bem como um conjunto de sugestões que podem servir de base para a elaboração de futuros trabalhos.

## 6.1 Conclusões

A água, considerada um recurso fundamental no desenvolvimento de diversos países, precisa ser gerenciada de forma a maximizar os benefícios da relação consumo *versus* demanda. Várias são as abordagens que podem ser adotadas pelos gestores de recursos hídricos para tornar eficiente essa relação. E uma delas é dar atenção especial aos SAA.

Na sua maioria, são sistemas projetados no início da construção dos primeiros conglomerados urbanos e, apesar de terem características de grande durabilidade, estão envelhecendo e isso pode, dentre tantos fatores, oferecer riscos a saúde dos consumidores que têm acesso ao serviço de abastecimento de água e piorar a situação daqueles que ainda não conseguiram ter esse direito.

Diante desse cenário, planejar intervenções de melhoria nas redes de distribuição do SAA pode trazer vantagens para os fornecedores desse tipo de serviço. É uma forma de se antecipar aos problemas que, mais cedo ou mais tarde, irão acontecer. Trata-se de um processo complexo, que exige a reunião de um número elevado de informações, comparações estatísticas, variáveis políticas, sociais, ambientais e, principalmente, econômicas.

A questão orçamentária é a grande complicadora desse tipo de planejamento. O ideal é que a empresa tenha consciência de que detectar oportunidades de melhoria e realizá-las, em seu tempo, pode custar muito menos do que simplesmente consertar possíveis danos, no momento em que estes aconteçam. As vezes isso é feito sem um estudo apropriado, principalmente, do desempenho do sistema, das possíveis conseqüências que determinado reparo pode ter. A ausência da análise de um simples reparo hoje pode gerar um grande problema, futuramente.

Além da variável econômica, a adoção de uma nova forma de se decidir sobre essas questões é outra barreira. É preciso, entre outros aspectos, uma interação entre diferentes áreas, o apoio da alta administração e uma ferramenta que possa auxiliar efetivamente os decisores em cada etapa do processo. É, nesse momento, em que o SAD torna-se apropriado. Um sistema que é especializado em questões não estruturadas, que comporta uma diversidade

enorme de informações de diferentes fontes, com a capacidade de montar cenários, realizar cálculos e previsões importantes para a busca de uma solução ótima.

Portanto, a adoção de uma política para o monitoramento e reabilitação de SAA é essencial para aqueles fornecedores que desejam oferecer serviços com níveis cada vez mais elevados. No entanto, é importante oficializar uma área responsável para execução de todos os procedimentos dessa política, a fim de que sejam estabelecidas metas e objetivos apropriados para o curto, médio e longo prazos, as estimativas de custos das ações e as parcerias que precisam ser feitas no momento da operacionalização de cada detalhe programado.

Isso é importante pra auxiliar a adoção do modelo de decisão proposto para o planejamento das atividades de intervenção de melhoria no SAA. Esse modelo enfatiza a formação ou atualização de um cadastro técnico dos sistemas, que é peça fundamental na execução de todas as outras etapas. É um modelo simples, onde o decisor poderá fazer simulações e responder a questões primordiais desde o processo de identificação até a execução da melhoria.

O processo de decidir, segundo o modelo, acaba pautado em requisitos, considerados como os mais importantes em cada situação. É uma forma de avaliar cada decisão, com vários elementos e fornecer um número de possibilidades maior do que os gestores estão acostumados a utilizar em questões baseadas no imediatismo, em experiências anteriores e na própria intuição.

A idéia desse modelo é ter funcionalidades como a construção de cenários, com a avaliação do diagnóstico obtido; estabelecer um *ranking* de medidas, com prioridades de nível superior e inferior; detectar o mais rapidamente possível problemas e/ou oportunidades; ter a possibilidade de visualizar muitas das informações disponíveis, através de mapas, gráficos etc; e, ter acesso, de forma direta e flexível, a dados históricos e atualizáveis.

É um processo que comporta as duas etapas básicas no momento de decidir sobre as intervenções de melhoria nas redes de distribuição: o diagnóstico e a implantação de medidas, a fim de superar os problemas identificados. Não é um sistema que gera resumos de operações ou relatórios de rotina. Este visa a interação de dados, de forma a poder modelá-los para cada situação em particular.

Como, em muitos casos, não é possível dispor de todas as informações necessárias para a tomada de decisão, o modelo apresenta, de forma adicional, uma tabela onde o decisor pode consultar o grau de suficiência de determinados dados, ficando a cargo do gestor levar em consideração ou não esta análise, no momento de escolher as alternativas mais viáveis para a

situação em estudo. Isso abre espaço para o raciocínio, o julgamento e o bom senso do tomador de decisão.

Assim sendo, a adoção de uma forma sistematizada de planejar as ações de melhoria em sistemas de abastecimento de água, pode amenizar os impactos provocados pelo tempo, pela falta de manutenção ou monitoramento adequados dos seus componentes. Além de poder oferecer a sociedade um produto com boa qualidade e na quantidade suficiente para o consumo, evitando desperdícios e perdas desnecessárias. Além disso, permite aos fornecedores desses serviços, evitar, ao máximo, operações onerosas como as utilizadas nos métodos destrutivos, que prejudicam não só o ambiente como também os usuários.

## 6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Diante da necessidade de se gerenciar de maneira otimizada os recursos hídricos das regiões, vários outros estudos podem ser desenvolvidos, com o objetivo de fornecer subsídios importantes para a análise dessa temática.

Algumas sugestões de prosseguimento do projeto ora iniciado, diz respeito a:

- Desenvolver um *software*, que contemple todas as etapas do processo de tomada de decisão;

- Propor a adoção e aplicação do modelo nas empresas da área.

- Estudar / avaliar a aplicação de métodos multicritérios, tais como ELECTRE (*Elimination and Choice Translating Algorithm),* PROMETHEE (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation),* no sistema para apoiar a decisão.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIBHAI, K. Problems facing water supply and sewage. In: WEDC Conference, 22nd, 1996, New Delhi.

ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. Sistemas de informação. In: ALMEIDA, A.; RAMOS, F. *Gestão da informação*. 2. ed. Recife: Editora da UFPE, 2002. p. 13-26.

ALMEIDA, A. T.;COSTA, A. P. C. S.; MIRANDA, C. M. G. Informação e gestão. In: ALMEIDA, A.; RAMOS, F. *Gestão da informação*. 2. ed. Recife: Editora da UFPE, 2002. p. 3-12.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil*. Brasília: 2002.

AZAMBUJA, R. A.; DALFOVO, O.; RODRIGUES, L. C. Sistema de informação estratégico para pequenas e médias empresas. *RAI: Revista de Administração e Inovação*, São Paulo, n. 22, p. 49-61, jul/dez. 2005.

AZEVEDO, L. G. T.; PORTO, R. L. L. Sistema de apoio à decisão para o gerenciamento integrado de quantidade e qualidade da água: metodologia e estudo de caso. *RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Brasília, v. 3, n. 1, p. 21-51, jan/mar. 1998.

BARBOSA, G. R. Sistemas de apoio à decisão sob o enfoque de profissionais de TI e decisores. 2003. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

BATEMAN, Thomas S.; SNELL, Scott A. *Administração:* construindo vantagem competitiva. São Paulo: Atlas, 1998.

BIDGOLI, H. *Decision support system: principles and practice*. New York: West Publishing Company, 1989.

BINDER, F. V. *Sistemas de apoio à decisão*. São Paulo: Érica, 1994.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. A política de recursos hídricos no Brasil. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p.143-166, dez. 1997.

BORTOLIN Jr., S. A. M. Sistemas de apoio à decisão, 2005. Disponível em: < http://ibirocay.al.urcamp.tche.br/infocamp/edicoes/nov05/Apoio%20a%20Decisao.pdf>. Acesso em: 10 out. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS nº 518/2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providencias. 2004.

CARVALHO, A. R. Sistema de informação para apoio à gestão de unidades de produção rurais: uma proposta de modelagem. 2001. 187 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CAUTELA, A. L.; POLLONI, E. G. F. *Sistemas de informação na administração de empresas*. São Paulo: Atlas, 1991.

CHAVES, E. O. C.; FALSARELLA, O. M. Sistemas de informação e sistemas de apoio à decisão. *Revista do Instituto de Informática PUCCAMP*, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 24-31, jan/jun. 1995.

CHUKWUMA, C. Development and implementation of environmental monitoring and information systems for water resources. *Environmental Management and Health*, v. 9, n. 4, p. 153-159, 1998.

CIRILO, J. A.; OLIVEIRA, B.F.; AZEVEDO, J.R.G. Sistemas de informações sobre os recursos hídricos: o estado da arte. In: SEMINÁRIO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS O ESTADO DA ARTE, 2000, Recife. Separata. Recife: MMA-SRH, 2000.

CLERICUZI, A. Z.; ALMEIDA, A.; CABRAL, A. P. Aspectos relevantes dos SAD nas organizações: um estudo exploratório. *Revista Produção*, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 008-0023, jan/abr. 2006.

CUNHA, M. J. B. Sistema de apoio à tomada de decisão no planejamento estratégico: o caso aeroporto - industrial. 2004. 200 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

DAVIS, C.; OLSON, M. *Management information systems:* conceptual foundations,structure and development. New York: McGraw-Hill, 1974.

EISENBEIS, P., LE GAUFFRE, P., e SAEGROV, S. Water infrastructures management: an overview of European models and databases. In: *Assessing the Future*: water utility infrastructure management. Hugges, D. M. 1. ed. Denver CO: American Water Works Association, 2002, p. 61-80.

EVERS, M. An analysis of the requirements for DSS on integrated river basin management. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, v. 19, n. 1, p. 37-53. 2008.

ENGELHARDT, M. O. *et al*. Rehabilitaion strategies for water distribution networks: a literature review with a UK perspective. *Urban Water*, v. 2, n. 2, p. 153-170, jun. 2000.

FRANCA, D. T.; CARDOSO NETO, A. Água e sociedade**.** *Revista Plenarium*, Brasília, v. 3, n. 3, p. 20-29, set. 2006.

FRANCATO, A. L. Otimização multiobjetivo para a operação de sistemas urbanos de abastecimento de água. 2002. 182 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GEO BRASIL. *Resumo executivo*. Brasília: ANA, 2007.

GOMES, H. P.; BEZERRA, S. T. M. Reabilitação de redes coletivas de sistemas pressurizados de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 457-463, out/dez. 2005.

GONTIJO, A. C.; MAIA, C. S. C. Tomada de decisão, do modelo racional ao comportamental: uma síntese teórica. *Caderno de Pesquisas em Administração*, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 13-30, out/dez. 2004.

GRILO, T. V. *Técnicas de reabilitação de sistemas de abastecimento de água: metodologia conceptual e aplicação a casos de estudo*. 2007. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

GUIMARÃES, E. M. P.; ÉVORA, Y. D. M. Sistema de informação: instrumento para tomada de decisão no exercício da gerência. *Revista Ciência da Informação***,** Brasília, v. 33, n. 1, p. 72-80, jan/abr. 2004.

HADZILACOS, T. *et al*. Utilnets: a water mains rehabilitation decision-support system. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 24, n. 3, p. 215-232, mai. 2000.

HELLER, L. Abastecimento de água, sociedade e ambiente. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. *Abastecimento de água para consumo humano*. 1. ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2006a. p. 29-63.

HELLER, L. Concepção de instalações para o abastecimento de água. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. *Abastecimento de água para consumo humano*. 1. ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2006b. p. 65-106.

JAMES, K.; CAMPBELL, S. L.; GODLOVE, C. E. *Água e energia*: aproveitando a oportunidade de eficientização de água e energia não exploradas nos sistemas de água municipais. Washington: Alliance, 2002.

KURODA, E. M.; PÁDUA, V. L. Tubulações e acessórios. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. *Abastecimento de água para consumo humano*. 1. ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2006. p. 683-740.

LAUDON, K. C., LAUDON, J. P. *Sistema de informação*: com internet. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

LIMA, G. *"Riverhelp!" Sistema de suporte a decisões para planejamento e gerenciamento integrado de recursos hídricos*. 2007. 233 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

LIMA, J. F. Algumas observações sobre as alternativas para o controle dos recursos hídricos no Brasil. *Revista Theomai*: estudios sobre sociedad, naturaleza y desarrollo, Argentina, v. 6, n. 6, p. site, jun/dez. 2002. Disponível em: <http://revista-theomai.unq.edu.ar/> Acesso em: 23 nov. 2007.

LOPES, L. H. A.; LOCH, C; BÄHR, P. Modelo de gestão urbana baseado na capacidade de atendimento do sistema de abastecimento de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 6., 2004, Florianópolis. Anais. Florianópolis: FSG, 2004. p. 300-310.

MACHADO, F. B. Limitações e deficiências no uso da informação para tomada de decisões. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 59-63, abr/jun. 2002.

MAIA, R.; SCHUMANN, A. H. DSS application to the development of water management strategies in Ribeiras do Algarve Riber Basin. *Water Resource Management*, v. 21, n. 5, p. 897-907, mai. 2007.

MAÑAS, A. V. *Administração de sistemas de informação*: como otimizar a empresa por meio dos sistemas de informação. 5. ed. São Paulo: Érica, 2004.

MATTEI, F. E. E. Desenvolvimento e implementação de ferramentas SAD no Mediterrâneo. *Newsletter Nostrum-DSS*, n.1, p. 1-5, jul. 2005.

MAXIMIANO, A. C. A. *Teoria geral da administração*: da escola cientifica à competitividade em economia globalizada. São Paulo: Atlas, 1997.

MAYS, L. W. Water distribution systems handbook. New York: McGraw-Hill, 1999.

MILLER, R. C.; GUERTIN, D. P.; HEILMAN, P. Information technology in watershed management decision making. *Journal of the american water resources association*, v. 40, n. 2, p. 347-357, abr. 2004.

MITTRA, S. *Decision support systems*: tools and techniques. New York: Sons, 1996.

MOGLIA, M.; BURN, S.; MEDDINGS, S. Decision support system for water pipeline renewal prioritisation. *The Journal of Information Technology in Construction - IT con*, v. 11, special issue, p. 237-256, mai. 2006.

MOTTA, P. R. *Gestão contemporânea:* a ciência e a arte de ser dirigente. 10. ed. Rio de Janeiro: Record, 1999.

MUKHOPADHYAY, T. K. Rehabilitation of old water supply pipes. In: WEDC Conference, 20nd, 1994, Sri Lanka.

NAKAYAMA, P. T. Sistema de suporte à decisão: previsão de chuva e alerta a inundações com radar meteorológico. 1998. 170 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

O'BRIEN, J. A. *Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da Internet*. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

OLIVEIRA, D. P. R. *Sistemas de informações gerenciais*: estratégias, táticas e operacionais. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

PALAZZO, S.A. Introdução aos métodos não destrutivos. In: CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. 1., 2007, São Paulo. *Palestra*. São Paulo: CONINFRA, 2007.

PEIXINHO, F. C.; OLIVEIRA, J. E. C. Sistema de informações de água subterrânea – SIAGAS: as suas funcionalidades e importância nos contextos das políticas públicas, 2006. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/siagas_pub.pdf>. Acesso em: 23 out. 2007.

PHILIPPI Jr., A. Reúso da água: uma tendência que se firma. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F.. *Reúso de água*. Barueri: Manole, 2003, Introdução, XIII.

PHILIPPI Jr., A; BORANGA, J. A. Prefácio. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. *Reúso de água*. Barueri: Manole, 2003, Prefácio, IX.

PIRES DO RIO, G. A.; MOURA, V. P.; SALES, A. V. S. Gestão de Recursos Hídricos: aspectos metodológicos. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 2., Indaiatuba, 2004. Anais. Indaiatuba, 2004.

PRINCE, A. A. Rede de distribuição. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. *Abastecimento de água para consumo humano*. 1. ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2006. p. 603-681.

REZENDE, D. A. *Sistemas de informações organizacionais*: guia prático para projetos em cursos de administração, contabilidade e informática. São Paulo: Atlas, 2005.

ROSTUM, J. Statistical modelling of pipe failures in water network. 2000. 132 f. Dissertation (Doctor Engineer) – Faculty of Civil Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.

SAEGROV, S. *et al*. Rehabilitation of water networks: survey of research needs and on-going efforts. *Urban water*, v. 1, n. 1, p. 15-22, mar. 1999.

SAEGROV, S. What is CARE-W? In: CARE-W INTERNATIONAL CONFERENCE, 2003, Bath.

SANTOS NETO, W. *Avaliação de recursos humanos, utilizando o SYSMCDA, sistema informatizado de suporte à aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão*. 2001. 251f. (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade de Santa Catarina, Florianópolis.

SAVIC, D. *et al*. Hydroinformatics technology and maintenance of UK water networks. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 3, n. 4, p. 289-301, abr. 1997.

SAVIC, D.; WALTERS, G. A. Hydroinformatics, data mining and maintenance of UK water networks. *Journal Anti-Corrosion Methods and Materials*, v. 46, n. 6, p. 415-425. 1999.

SELVAKUMAR, A.; CLARK, R. M.; SIVAGANESAN, M. Costs for water supply distribution system rehabilitation. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 128, n. 4, p. 303-306, jul/ago. 2002.

SHERALI, H. D.; SMITH, E. P. A global optimization approach to a water distribution network design problem. *Journal of Global Optimization*, Netherlands, v. 11, n. 2, p. 107-132, set. 1997.

SILVA, L. M. C. Gestão de recursos hídricos no Brasil. In: PROJETO ABES JOVEM, 2007, Paraná. *Palestra*. Paraná: ABES, 2007. Disponível em: <http://www.abes-pr.org.br/palestra.gestao.rh.html > Acesso em: 20 nov. 2007.

SIMICEVIC, J.; STERLING, R. L. *Guidelines for pipe bursting*. USA: TTC/ERDC, 2001.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. *Serviços de água e esgoto – 2006:* informações e indicadores sobre os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos urbanos no Brasil. Brasília: 2007.

SOUZA, N. Ambiente de apoio à decisão para o programa de avaliação institucional: uma aplicação na Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI. 2002. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

SOUZA, R. S. F. Planejamento integrado de recursos no fornecimento de água tratada para o sistema de abastecimento da região metropolitana de Fortaleza: proposta de metodologia. 2003. 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade de Santa Catarina, Florianópolis.

SPRAGUE, R. H. A framework for the development of decision support systems. *Management Information Systems Quaterly*, dez. 1980.

SPRAGUE, Jr.; WATSON, H. *Decision support systems*: putting theory into practice. USA: Prentice-Hall, 1989.

STAIR, R. *Princípios de sistemas de informação:* uma abordagem gerencial. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

SVINTSOV, A. P. Water resources as a base for the supply of drinking water. *Hydrotechnical Construction*, Northwestern, v. 35, n. 4, p. 201-205, abr. 2001.

TURBAN, E. ARONSON, J. E. *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. 5. ed. USA: Prentice Hall, 1998.

UNESCO BRASIL**.** Água: uma crise de governança, diz relatório da ONU, 2006. Disponível em: <http://www.unesco.org.br/noticias/releases/releases2006/wwr/mostra_document> Acesso em: 20 nov. 2007.

VENTURINI, M. A. A. G.; BARBOSA, P. S. F. Subsídios à escolha de técnicas de reabilitação de redes de distribuição de água. In: SEMINÁRIO DE PLANEJAMENTO, PROJETO E OPERAÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: O ESTADO DA ARTE E QUESTÕES AVANÇADAS, 1., 2002, João Pessoa. *Anais.* João Pessoa, 2002.

VENTURINI, M. A. A. G.; BARBOSA, P. S. F.; LUVIZOTTO Jr. E. Estudo de alternativas de reabilitação para sistemas de abastecimento de água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14., 2001, Aracajú. *Anais*. Aracajú: ABRH, 2001.

VIEIRA, J. M. P. Sistemas de suporte à decisão para a gestão da água em bacias hidrográficas. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA CIVIL NORTE DE PORTUGAL-GALIZA, 3., 2006, Porto. *Apresentação.* Porto: CEC-HID, 2006.

# Livros Grátis

( http://www.livrosgratis.com.br )

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo