

ANDRÉ DE JESUS SILVA

**ARQUITETURA DE SOFTWARE PARA SISTEMAS DE
INFORMAÇÃO PARA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586a
2012

Silva, André de Jesus, 1985-

Arquitetura de software para sistemas de informação para
gestão de recursos hídricos / André de Jesus Silva. – Viçosa,
MG, 2012.

viii, 84f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: José Luis Braga.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 72-77

1. Arquitetura de rede de computador. 2. Software.
 3. Recursos hídricos - Sistemas de informação geográfica.
- I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 004.22

ANDRÉ DE JESUS SILVA

**ARQUITETURA DE SOFTWARE PARA SISTEMAS DE
INFORMAÇÃO PARA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de junho de 2012

Prof. Alcione de Paiva Oliveira
(Coorientador)

Prof. Michel Castro Moreira

Prof. José Luis Braga
(Orientador)

À Deus,

pela vida, com saúde e paz, necessárias para a realização deste trabalho.

Aos meus queridos pais José Maria e Maria Joana,

pelo carinho, incentivo, e amor a mim oferecidos.

Dedico.

*O Senhor conhece os pensamentos dos homens,
e sabe que são vãos. (Sal, 93,11)*

AGRADECIMENTOS

Após todos esses anos na Universidade Federal de Viçosa, tive o prazer de conviver com muitas pessoas maravilhosas, que contribuíram muito para a minha formação profissional e pessoal.

Primeiramente, agradeço ao meu querido amigo e professor Michel Castro Moreira, por me apoiar em mais esse trabalho. Ao meu orientador, professor José Luis Braga, que sempre me mostrou o caminho a ser seguido, e mudou a minha forma de enxergar as coisas. Ao meu coorientador, professor Demetrius David da Silva, que sempre me apoiou em todos os projetos que desenvolvi na UFV.

Agradeço também a todos os colegas e amigos do Departamento de Informática (DPI) e do Centro de Referência em Recursos Hídricos (CRRH). Aos professores do DPI, que muito contribuíram para a formação do profissional que sou, aos funcionários da UFV e do CRRH que me deram suporte para a realização dos meus trabalhos.

Não poderia deixar de agradecer à Universidade Federal de Viçosa (UFV), e aos órgãos de fomento CNPq, FAPEMIG e CAPES, pelo apoio dado para a realização desse projeto.

BIOGRAFIA

André de Jesus Silva, filho de José Maria da Silva e Maria Joana de Jesus Silva, brasileiro nascido em 30 de maio de 1985 na cidade de Viçosa, no Estado de Minas Gerais.

Em 2002, iniciou o ensino médio no Colégio Universitário (COLUNI) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Em 2005, iniciou o curso de graduação em Ciência da Computação na UFV, tendo obtido o título de bacharel em Ciência da Computação em meados de 2009.

Em 2009, mudou-se para Belo Horizonte - MG onde trabalhou como Analista de Sistemas até fevereiro de 2010.

Em 2010, retornou para Viçosa-MG, onde iniciou o programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação na UFV, em nível de mestrado, na área de Engenharia de Software, submetendo-se a defesa de dissertação em junho de 2012.

CONTEÚDO

RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. <i>Objetivos específicos</i>	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS	4
2.2. OUTORGA DE DIREITO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS	4
2.2.1. <i>Uso Insignificante</i>	5
2.2.2. <i>Análise do Pedido de Outorga</i>	6
2.2.3. <i>Vazões Mínimas de Referência e Critérios de Outorga</i>	6
2.2.4. <i>Cálculo das vazões disponíveis para outorga</i>	10
2.3. SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS.....	12
2.3.1. <i>Sistema de Informação Geográfica</i>	15
2.4. ARQUITETURA DE SOFTWARE.....	15
2.4.1. <i>Zachman Framework</i>	21
3. ARQUITETURA DESENVOLVIDA PARA SISTEMAS DE INFORMAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS	25
3.1. NÍVEL ARQUITETURAL “ESCOPO”	25
3.1.1. <i>Dados (O que)</i>	25
3.1.2. <i>Função (Como)</i>	26
3.1.3. <i>Rede (Onde)</i>	27
3.1.4. <i>Pessoas (Quem)</i>	27
3.1.5. <i>Tempo (Quando)</i>	28
3.1.6. <i>Motivação (Por que)</i>	29
3.2. NÍVEL ARQUITETURAL “MODELO DE NEGÓCIOS”	29
3.2.1. <i>Dados (O que)</i>	29
3.2.2. <i>Função (Como)</i>	31
3.2.3. <i>Rede (Onde)</i>	31
3.2.4. <i>Pessoas (Quem)</i>	32
3.2.5. <i>Tempo (Quando)</i>	32
3.2.6. <i>Motivação (Por que)</i>	32
3.3. NÍVEL ARQUITETURAL “MODELO DE SISTEMA”	32
3.3.1. <i>Dados (O que)</i>	33
3.3.2. <i>Função (Como)</i>	37
3.3.3. <i>Rede (Onde)</i>	40
3.3.4. <i>Pessoas (Quem)</i>	41
3.3.5. <i>Tempo (Quando)</i>	44
3.3.6. <i>Motivação (Por que)</i>	44

4. MÉTODO DE UTILIZAÇÃO DA ARQUITETURA DESENVOLVIDA.....	46
5. EXEMPLO: SISTEMA INTEGRADO PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS (SINGERHNET)	51
5.1. MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO HIDROLOGICAMENTE CONSISTENTE	52
5.2. HIDROGRAFIA OTTOCODIFICADA	52
5.3. REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES	53
5.4. CADASTRO DE USUÁRIOS DE ÁGUA DA BACIA	54
5.5. MAPAS TEMÁTICOS DA BACIA	55
5.6. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA.....	55
5.7. SINGERHNET.....	56
5.7.1. <i>Vazões</i>	57
5.7.2. <i>Outorga</i>	63
5.7.3. <i>Qualidade de água</i>	67
5.7.4. <i>Relatórios</i>	69
5.7.5. <i>Área administrativa</i>	70
6. CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
APÊNDICE A	78
APÊNDICE B	83

RESUMO

SILVA, André de Jesus, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, junho de 2012. **Arquitetura de Software para Sistemas de Informação para Gestão de Recursos Hídricos**. Orientador: José Luis Braga. Coorientadores: Demetrius David da Silva e Alcione de Paiva Oliveira.

Os Sistemas de Informação sobre Recursos Hídricos têm se mostrado um importante instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos por subsidiar a adequada gestão e planejamento dos recursos hídricos existentes no Brasil. Através deles é possível descentralizar a obtenção e produção dos dados e informações de uma bacia hidrográfica, assim como garantir o acesso aos dados e informações à toda a sociedade. Com o aumento da demanda por esse tipo de sistema, cresce a necessidade da utilização de um modelo de arquitetura de software unificada, que possa atender às reais necessidades dos órgãos gestores de recursos hídricos. Atualmente, os sistemas trabalham de forma independente, não permitindo o compartilhamento de dados e informações. Sem uma arquitetura de software bem definida, torna-se complexa a tarefa de integrar os dados e informações dos sistemas de informação desenvolvidos para o nível de bacia hidrográfica estadual com o nacional. Desse modo, o principal objetivo do presente trabalho é propor uma arquitetura para sistemas de informação no domínio de gestão das águas. O trabalho se divide basicamente em três partes: na primeira parte é apresentado o contexto geral da gestão nacional de recursos hídricos no Brasil, e conceitos fundamentais sobre arquitetura de software; em seguida é descrito a arquitetura criada utilizando-se o Zachman Framework; e por último é apresentado um exemplo de utilização da arquitetura desenvolvida. Utilizando a arquitetura desenvolvida, foi possível criar um sistema amigável que contribui para a adequada gestão dos recursos hídricos no país.

ABSTRACT

SILVA, André de Jesus, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, June 2012. **Software Architecture for Water Resources Information Systems**. Adviser: José Luis Braga. Co-advisers: Demetrius David da Silva and Alcione de Paiva Oliveira.

Water Resources Information Systems have proved an important tool of the National Water Resources by subsidizing the proper management and planning of water resources in Brazil. Through them it is possible to decentralize the procurement and production of data and information of a watershed, as well as secure access to data and information to the entire society. With increasing demand for this type of system, there is a growing need to use a model of unified software architecture that can meet the real needs of water resource management agencies. Currently, the systems work independently, not allowing the sharing of data and information. Without a well defined software architecture becomes complex the task of integrating information and data information systems developed for the watershed state level with the national level. Thus, the main objective of this work is to propose an architecture for information systems in the field of water management. The work is divided basically into three parts: the first part presents the general context of the national management of water resources in Brazil, and concepts on software architecture and then is described the architecture created using the Zachman Framework, and latter is an example of using the architecture developed. Using the architecture developed, it was possible to create a user-friendly system that contributes to the proper management of water resources in the country.

1. INTRODUÇÃO

A água doce é um bem essencial para a vida humana. Apesar de o Brasil estar em uma situação privilegiada com relação à disponibilidade hídrica, cerca de 70% da água doce do país encontra-se na região Amazônica, enquanto os outros 30% são distribuídos para 95% da população que habitam o resto do território nacional (SETTI et al., 2001).

A má distribuição espacial e temporal da água favorece o surgimento de problemas de escassez hídrica, e conseqüentemente, o surgimento de conflitos pelo uso da água. Problemas advindos desses conflitos remetem à necessidade de um adequado programa de planejamento e gestão de recursos hídricos.

No Brasil, houve um grande avanço na gestão dos nossos recursos hídricos com a promulgação da Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A Lei nº 9.433 constitui um marco legal no tratamento dos recursos hídricos do país. Possui como objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Dentre os instrumentos de gestão preconizados pela Lei nº 9.433 destaca-se o Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos (SISRH), que é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. Os SISRH têm por objetivo: reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos; atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos; e fornecer subsídios aos Planos de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Devido ao caráter integrador e informativo, recentemente, os sistemas de informações despertaram grande interesse nas entidades gestoras e setores usuários dos recursos hídricos, tendo sido objeto de frequentes licitações públicas (ANA, 2007;

SEMA/MT, 2007; SERLA, 2007) e objeto de estudos (MARQUES, 2010; SOUZA, 2010; SCHARDONG, 2011) .

A Agência Nacional de Águas (ANA) definiu uma arquitetura para o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (ANA, 2009), mas não definiu uma arquitetura para os sistemas estaduais. Além disso, a arquitetura criada pela ANA foi desenvolvida especificamente para o SNIRH, e não possui um nível de detalhamento suficiente para que seja reutilizada. A arquitetura definida para o SNIRH segue o modelo de Arquitetura Orientada a Serviços (*Service Oriented Architecture - SOA*)(ERL, 2005), que é um estilo de arquitetura de software cujo princípio fundamental prega que as funcionalidades implementadas pelas aplicações devem ser disponibilizadas na forma de serviços..

Tendo em vista a inexistência de uma arquitetura de sistema bem definida para sistemas de informação sobre recursos hídricos a nível estadual, cada sistema criado possui uma estrutura própria, que muitas vezes pode não atender às reais necessidades dos órgãos gestores de recursos hídricos. Além disso, cada sistema existente utiliza-se de uma linguagem própria, que pode não condizer com os termos adequados para o tratamento de recursos hídricos. Outro problema existente é a garantia de acesso à informação por parte da população. Desse modo, os sistemas de informação sobre recursos hídricos devem garantir o acesso de seus dados para a população, permitindo que o cidadão comum possa ser um agente fiscalizador dos recursos hídricos existentes.

1.1.Objetivos

O trabalho tem como objetivo o projeto, a construção e a validação de uma arquitetura para sistemas de informação sobre recursos hídricos (SISRH), visando à proposição de um modelo de referência para os órgãos gestores de recursos hídricos estaduais de todo o país.

1.1.1. Objetivos específicos

- Propor uma arquitetura para um SISRH que seja aberta e expansível;
- Garantir que haja transparência de dados e decisões nos SISRH gerados a partir da arquitetura proposta;

- Desenvolver um sistema de informação sobre recursos hídricos como estudo de caso, utilizando a arquitetura proposta; e
- Validar a arquitetura proposta com um exemplo de uso.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Política Nacional de Recursos Hídricos

Em 08 de janeiro de 1997 foi sancionada a Lei nº 9433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Segundo Brasil (1997), a Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos: a água é um bem de domínio público; a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos: assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Como instrumentos para o gerenciamento dos recursos hídricos, a Política Nacional possui: os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

2.2. Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos

Apesar da gestão dos recursos hídricos buscar proporcionar os usos múltiplos da água, os diversos usos da água (abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, indústria, etc.) podem ser concorrentes, gerando conflitos entre setores usuários. Nesse

sentido, gerir recursos hídricos é uma necessidade premente e tem o objetivo de ajustar as demandas econômicas, sociais e ambientais por água em níveis sustentáveis, de modo a permitir, sem conflitos, a convivência dos usos atuais e futuros da água (SILVA, 2004).

A Lei nº 9.433 estabeleceu como um de seus instrumentos a Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos. Trata-se de um ato administrativo mediante o qual o Poder Público outorgante (União, Estados ou Distrito Federal) faculta ao outorgado (usuário da água) o direito de utilizar o recurso hídrico, por prazo determinado, nas condições expressas no respectivo ato.

Segundo a referida Lei, esse instrumento tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso a este recurso, disciplinando a sua utilização e compatibilizando a demanda e a disponibilidade hídrica.

A Lei nº 9.433 determina que estão sujeitos à outorga os seguintes usos:

- I. Derivação e captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- II. Extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- III. Lançamento, em corpo de água, de esgotos e resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- IV. Aproveitamento de potenciais hidrelétricos;
- V. Outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Em seu artigo 12, § 1º, a Lei também enumera os usos que não dependem de outorga, sendo eles, os destinados ao abastecimento de pequenos núcleos rurais, as derivações, as captações e as acumulações de água, bem como os lançamentos de efluentes considerados insignificantes. Vale ressaltar que mesmo os usos dispensados de outorga são passíveis de cadastramento junto ao órgão gestor de recursos hídricos.

2.2.1. Uso Insignificante

Algumas captações de águas superficiais e/ou subterrâneas, bem como acumulações, derivações e lançamentos não estão sujeitas à outorga. Devido a inexpressiva alteração do recurso hídricos, alguns usos são considerados insignificantes.

Para que um uso seja considerado insignificante cada estado estabeleceu um critério independente. A Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) do Ceará, por exemplo, estabeleceu que não se exigirá outorga do direito de uso de água na hipótese de captação direta na fonte, superficial ou subterrânea, cujo consumo não exceda de 2.000 L/h. Em Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) segue a Deliberação Normativa 09/04 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, o qual estabelece que as captações e derivações de águas superficiais menores ou iguais a 1 L/s são consideradas como usos insignificantes para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) do Estado de Minas Gerais, sendo reduzida a vazão máxima para algumas UPGRH ao valor de 0,5 L/s.

2.2.2. Análise do Pedido de Outorga

O pedido de outorga junto ao órgão gestor de recursos hídricos deve passar, no mínimo, por três avaliações: técnica, do empreendimento e jurídica (SILVA, 2004).

A avaliação técnica consiste na verificação da disponibilidade hídrica do manancial, isto é, se a vazão que está sendo solicitada pode ser atendida pelo manancial, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos. Avalia-se, portanto, se a interferência pleiteada está coerente com os critérios de alocação de água previamente determinados e se os impactos quali-quantitativos são aceitáveis dentro de determinada margem de segurança.

Na avaliação do empreendimento verifica-se o que está sendo solicitado em termos de vazão de captação e de lançamento de efluentes, bem como as características físico-químicas e biológicas dos efluentes gerados, estão compatíveis com o tipo e com o porte do empreendimento.

Por sua vez, a avaliação jurídica analisa a documentação enviada e a adequação do pedido às leis de recursos hídricos. Normalmente, a avaliação jurídica é a primeira etapa de análise de um pedido de outorga.

2.2.3. Vazões Mínimas de Referência e Critérios de Outorga

A vazão de referência mais utilizada é uma vazão mínima que caracteriza uma condição de escassez hídrica no manancial. A partir dessa condição crítica é que são realizados os cálculos de alocação da água, de modo que, quando da ocorrência da

situação de escassez, todos os usuários, ou os mais prioritários, mantenham de certa forma, em operação as outorgas já existentes. Porém, como as vazões de referência utilizadas são, de fato, muito reduzidas, e o que é outorgado é uma fração delas, o que ocorre, na prática, são vazões bem maiores ao longo do ano.

No Brasil normalmente são adotadas nos processos de outorga de uso de água as seguintes vazões mínimas de referência: $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95} (SILVA, 2010).

A vazão $Q_{7,10}$ corresponde à vazão mínima média de sete dias consecutivos com um período de retorno de 10 anos. No caso de vazões mínimas, o período de retorno é o tempo médio, em anos, necessário para que ocorram vazões menores ou iguais a um certo valor, uma vez, em um ano qualquer.

As vazões Q_{90} e Q_{95} correspondem às vazões associadas à permanência no tempo de 90 e 95%, respectivamente, isto é, em 90 ou 95% do tempo o curso d'água possui vazões iguais ou superiores a elas.

Para permitir a estimativa das vazões mínimas de referência $Q_{7,10}$ (vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos), Q_{90} (vazão associada à permanência de 90% no tempo) e Q_{95} (vazão associada à permanência de 95% no tempo) ao longo da rede hidrográfica da bacia, podemos utilizar o método de regionalização de vazões Tradicional (ELETROBRAS, 1985).

O método Tradicional é um dos métodos mais difundidos para a regionalização de vazões, baseando-se na identificação de regiões hidrologicamente homogêneas e no ajuste de equações de regressão entre as diferentes variáveis a serem regionalizadas e as características físicas e climáticas das bacias de drenagem para cada região homogênea.

Os dados requeridos para a estimativa das vazões mínimas e média por este método são: o número de identificação da região hidrologicamente homogênea na qual está inserida a seção de interesse; as equações de regionalização das regiões hidrologicamente homogêneas para a estimativa da vazão; e as características físicas e climáticas da seção de interesse. De posse destes dados, podemos estimar as vazões mínimas e média da seção de interesse.

No Brasil, cada estado tem adotado critérios específicos para o estabelecimento das vazões mínimas de referência para outorga. Para captações superficiais os critérios adotados para outorga são aqueles apresentados na Tabela 1. A maior parte dos órgãos gestores de recursos hídricos que emitem outorgas possui esses critérios aprovados em legislação ou em discussão para aprovação. Analisando os critérios para análise dos pedidos de outorga utilizados pelos órgãos gestores de recursos hídricos, pode-se

verificar uma grande diversidade de vazões de referência adotadas, bem como dos percentuais considerados outorgáveis (ANA, 2005).

Tabela 1 - Critérios adotados para outorga de captação de águas superficiais (ANA, 2005).

Órgão gestor	Vazão máxima outorgável	Legislação referente à vazão máxima outorgável	Limites máximos de vazões consideradas insignificantes	Legislação referente à definição das vazões insignificantes
ANA	70% da Q ₉₅ podendo variar em função das peculiaridades de cada região. 20% para cada usuário individual	Não existe, em função das peculiaridades do País, podendo variar o critério.	1,0 L/s	Resolução ANA 542/2004
SRH-BA	80% da Q ₉₀ 20% para cada usuário individual	Decreto Estadual 6.296/97	0,5 L/s	Decreto Estadual 6.296/97
SRH-CE	90% da Q _{90reg}	Decreto Estadual nº 23.067/94	2,0 m ³ /h (0,56 L/s – para águas superficiais e subterrâneas)	Decreto Estadual nº 23.067/94
SEMARH-GO	70% da Q ₉₅	Não possui legislação específica.	Não estão ainda definidos	-
IGAM-MG	30% da Q _{7,10} para captações a fio d'água. Para captações em reservatórios, podem ser liberadas vazões superiores, mantendo o mínimo residual de 70% da Q _{7,10} durante todo o tempo.	Portarias do IGAM nº 010/98 e 007/99.	1,0 L/s para a maior parte do Estado e 0,5 L/s para as regiões de escassez (águas superficiais) 10,0 m ³ /dia (águas subterrâneas)	Deliberação CERH-MG nº 09/2004
AAGISA-PB	90% da Q _{90reg} . Em lagos territoriais, o limite outorgável é reduzido em 1/3.	Decreto Estadual 19.260/1997	2,0 m ³ /h (0,56 L/s – para águas superficiais e subterrâneas)	Decreto Estadual 19.260/1997
SUDERHSA-PR	50% da Q ₉₅	Decreto Estadual 4646/2001	1,0 m ³ /h (0,3 L/s)	-
SECTMA-PE	Depende do risco que o requerente pode assumir	Não existe legislação específica.	0,5 l/s ou 43 m ³ /dia (águas superficiais) 5,0 m ³ /dia (águas subterrâneas para abastecimento humano)	Decreto Estadual 20.423/98
SEMAR-PI	80% da Q ₉₅ (Rios) e 80% da Q _{90reg} (Açudes)	Não existe legislação específica.	Não estão ainda definidos	-
SERHID-RN	90% da Q _{90reg}	Decreto Estadual Nº 13.283/97	1,0 m ³ /h (0,3 L/s)	Decreto Estadual Nº 13.283/97
SEMA-RS	Não está definido	-	Media mensal até 2,0 m ³ /dia (águas subterrâneas)	Decreto Estadual 42047/2002
DAEE-SP	50% da Q _{7,10} por bacia. Individualmente nunca ultrapassar 20% da Q _{7,10} .	Não existe legislação específica.	5,0 m ³ /dia (águas subterrâneas)	Decreto Estadual 32.955/91
SEPLANTEC-SE	100% da Q ₉₀ 30% da Q ₉₀ para cada usuário individual	Não existe legislação específica	2,5 m ³ /h (0,69 L/s)	Resolução Nº 01/2001
NATURATINS-TO	75% Q ₉₀ por bacia. Individualmente o máximo é 25% da mesma Q ₉₀ . Para barragens de regularização, 75% da vazão de referência adotada.	Decreto estadual já aprovado pela Câmara de outorga do Conselho Estadual de Recursos Hídricos.	0,25L/s ou 21,60 m ³ /dia. A minuta de regulamentação aprovada deve alterar para 1,0L/s ou 21,60 m ³ /dia	Portaria NATURATINS nº 118/2002

2.2.4. Cálculo das vazões disponíveis para outorga

A estimativa da vazão máxima disponível para fins de outorga (Q_{disp}) é realizada a partir da análise conjunta da estimativa da vazão mínima e das outorgas emitidas à montante e à jusante da seção de interesse.

Na situação em que se analisam as outorgas emitidas à montante da seção de interesse, a vazão máxima disponível para outorga é dada por

$$Q_{\text{disp}_m} = x_m Q_{\text{mr}_m} - \sum_{i=1}^n Q_{\text{mt}_i} \quad (1)$$

em que

Q_{disp_m} = vazão máxima disponível para ser outorgada, considerando as abstrações das vazões outorgadas à montante da seção de interesse, m^3s^{-1} ;

x_m = percentagem, expressa em decimal, da Q_{mr_m} passível de ser outorgada, adimensional;

Q_{mr_m} = vazão mínima de referência estimada na seção de interesse, m^3s^{-1} ;

n = número de outorgas à montante da seção de interesse, adimensional;

i = outorga i à montante da seção de interesse, adimensional; e

Q_{mt_i} = vazão outorgada no ponto i à montante da seção de interesse, m^3s^{-1} .

Conforme se evidencia pela equação 1, valores negativos de Q_{disp_m} indicam uma situação de vazões outorgadas à montante da seção de interesse superiores ao máximo permissível de acordo com o critério de outorga.

A estimativa da vazão mínima de referência (Q_{mr_m}) é feita conforme o procedimento descrito no item anterior, devendo o usuário proceder apenas à identificação da vazão a ser utilizada ($Q_{7,10}$, Q_{90} ou Q_{95}), conforme o critério de outorga da bacia.

O percentual da Q_{mr_m} passível de ser outorgada (x_m) é definido pelo órgão gestor da bacia, podendo ser estadual ou federal de acordo com a dominialidade do curso d'água em análise. O valor obtido por $x_m Q_{\text{mr}_m}$ corresponde à vazão máxima passível de ser outorgada, ou seja, o limite de vazão passível de ser utilizado na seção em estudo.

Como discute Catalunha (2004), qualquer retirada em uma seção do curso d'água acarreta mudanças nas condições de uso das seções à jusante. Desse modo, não se pode outorgar em uma seção vazões que comprometam a disponibilidade hídrica das outorgas emitidas à jusante da seção de interesse. Assim, na situação em se analisam as outorgas emitidas à jusante, o sistema identifica para cada ponto de outorga à jusante da seção de interesse a vazão disponível para outorga, dada por

$$Q_{\text{disp}_j} = x_j Q_{\text{mr}_j} - \sum_{i=1}^n Q_{\text{mt}_ji} \quad (2)$$

em que

- Q_{disp_j} = vazão disponível para outorga, no ponto de outorga em análise à jusante da seção de interesse, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
- x_j = percentagem, expressa em decimal, da Q_{mr_j} passível de ser outorgada no ponto de outorga em análise à jusante da seção de interesse, adimensional;
- Q_{mr_j} = vazão mínima de referência estimada no ponto de outorga em análise à jusante da seção de interesse, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$; e
- Q_{mt_ji} = vazão outorgada no ponto i à montante do ponto de outorga em análise à jusante da seção de interesse, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$.

Desse modo, para cada outorga a jusante da seção de interesse é obtido um valor de Q_{disp_j} . A vazão máxima disponível para outorga na seção de interesse é limitada pelo menor valor de Q_{disp_j} obtido dentre os pontos de outorga à jusante. Assim, se a Q_{disp_m} for menor que a Q_{disp_j} a Q_{disp} na seção de interesse corresponde a Q_{disp_m} . Por outro lado, se a Q_{disp_m} for maior que a Q_{disp_j} implica que a vazão máxima passível de outorga na seção de interesse é limitada pela disponibilidade hídrica à jusante, correspondendo portanto a Q_{disp_j} .

Dessa forma, o valor de Q_{disp} corresponde à vazão remanescente para futuras outorgas, devendo ser utilizado na análise do processo de concessão de outorga. Considerando que o procedimento de outorga em condições ideais deve ser realizado em uma base mensal, deve-se proceder todas as análises das vazões outorgadas mensalmente, por um período de anos escolhido pelo usuário.

2.3.Sistema de Informações Sobre Recursos Hídricos

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SISRH) é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão (BRASIL, 1997).

A Lei nº 9.433 define como princípios básicos para o funcionamento do SISRH: a descentralização da obtenção e produção de dados e informações; coordenação unificada do sistema; e o acesso aos dados e informações garantido à toda a sociedade.

Já os objetivos do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), que consiste em um sistema aplicado no âmbito federal, são: reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional; e fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

A Agência Nacional de Águas (ANA), obedecendo aos fundamentos, objetivos e às diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos, fica responsável por organizar, implantar e gerir o SNIRH, conforme previsto no capítulo II, art. 4º, inciso XIV, da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 (BRASIL, 2000).

Segundo os autores (SOUSA et al., 2009), que descreveram o conceito e a arquitetura operacional do SNIRH, o sistema foi concebido para prestar informações sobre recursos hídricos e sobre a gestão desses recursos no Brasil. Portanto, apesar de apoiar a gestão dos usos múltiplos em nível nacional, atualmente o SNIRH não desempenha a função de controle, já que a gestão é descentralizada e compartilhada com os Estados. A expectativa é que este controle seja realizado pelas entidades gestoras estaduais, e que as bases de informação se comuniquem, não sendo a descentralização da gestão um empecilho à unificação do sistema (MARQUES, 2010).

O SNIRH, consiste em uma plataforma de suporte computacional composta de subsistemas, base de dados, plataforma de integração, infra-estrutura computacional e recursos humanos e organizacionais.

Os subsistemas componentes do SNIRH reúnem o conjunto de aplicações computacionais que executam as funções previstas para apoio aos diversos processos de Gestão de Recursos Hídricos. O conjunto de subsistemas, bem como as interfaces de comunicação, podem ser melhor visualizadas na Figura 1.

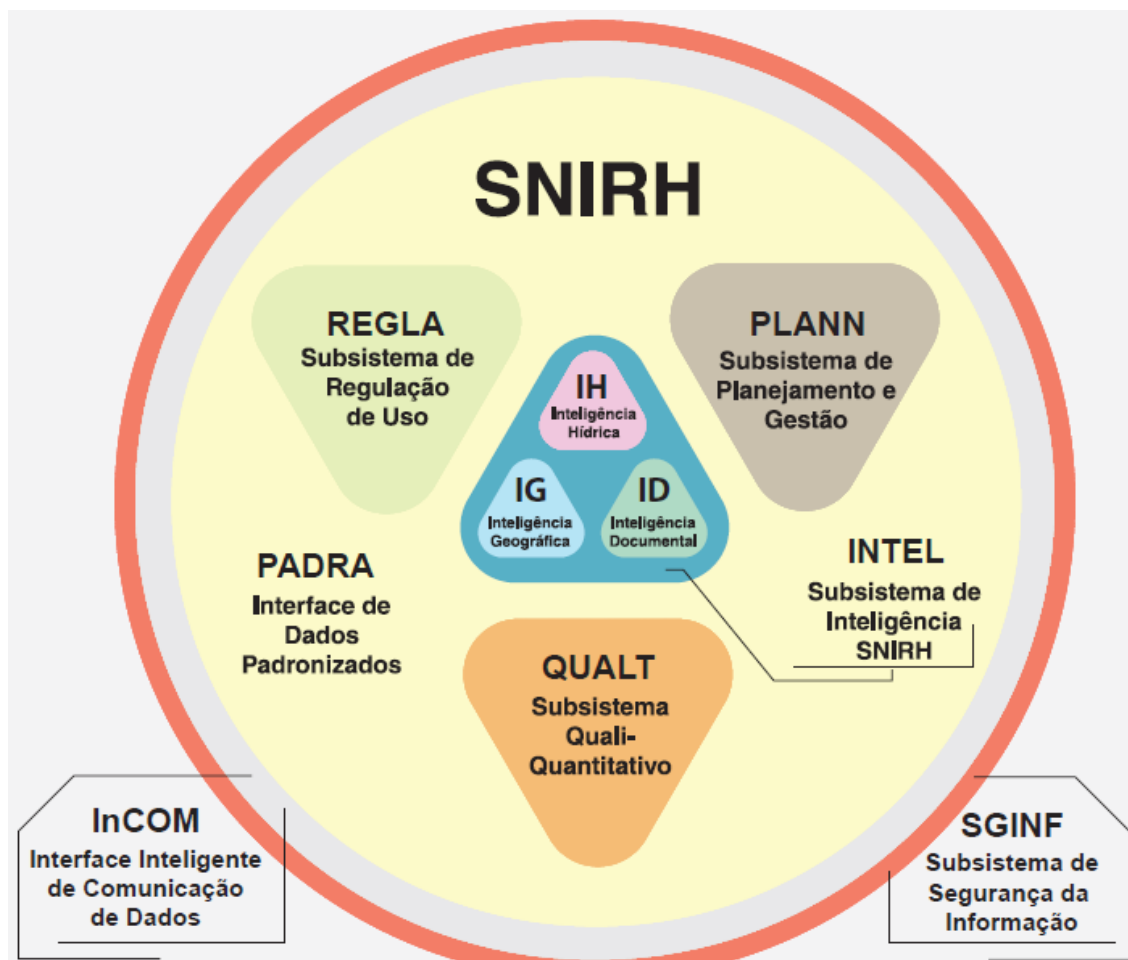


Figura 1 - Subsistemas do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (ANA, 2009)

Uma descrição detalhada dos subsistemas pode ser encontrado em (ANA, 2009). Dentre os elementos da Figura 1, vale destacar a Interface Inteligente de Comunicação de Dados – InCOM, que são dispositivos independentes e modulares com o objetivo de promover a troca de dados e informações com outros sistemas, tanto interna quanto externamente. Atualmente essa interface é utilizada apenas para a comunicação entre sistemas da ANA, mas possivelmente, no futuro, ela também será utilizada para comunicação com sistemas externos.

A base de dados do SNIRH tem como um de seus fundamentos básicos, permitir o armazenamento de informações de diversas estruturas, uma vez que é grande diversidade de dados a serem tratados como podemos observar na Figura 2.

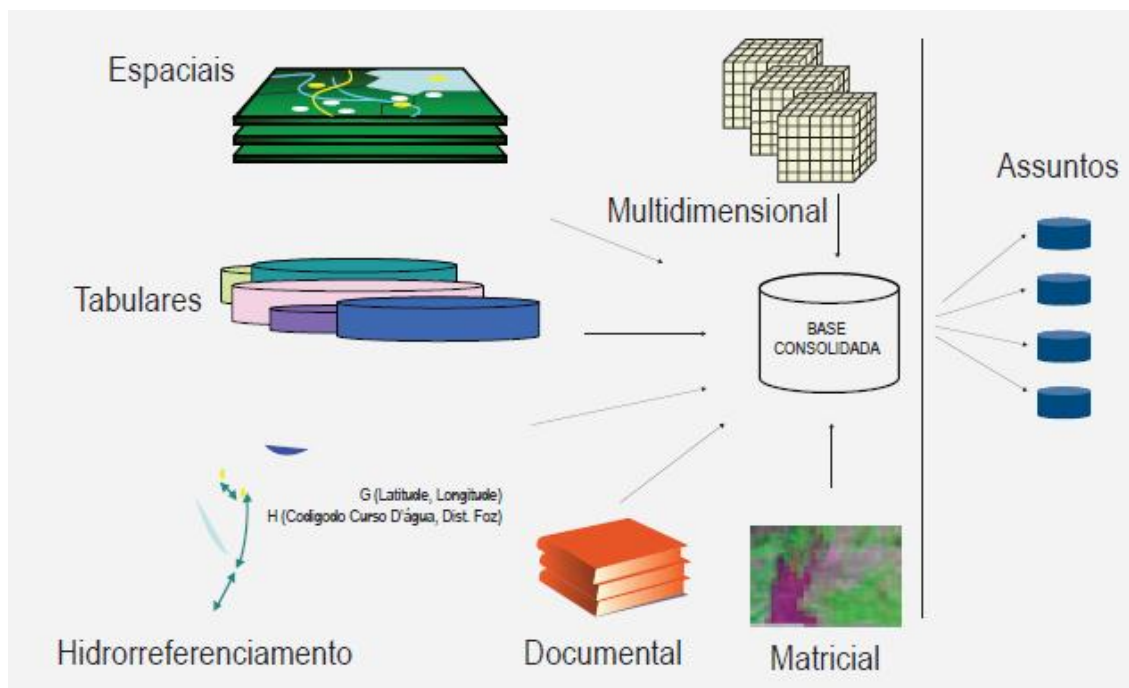


Figura 2 - Principais tipos de informação na base de dados do SNIRH (ANA, 2009)

Apesar da arquitetura do SNIRH estar bem fundamentada em ANA (2009), essa arquitetura não possui um nível de detalhe suficiente para que seja reaproveitada na construção dos sistemas estaduais. Assim, atualmente é necessário que cada órgão estadual desenvolva os seus sistemas de forma independente.

Atendendo ao que preconiza a Lei nº 9433, e as leis estaduais análogas, que instituem as Políticas Estaduais de Recursos Hídricos, que também prevêem o Sistema de Informações como um instrumento estratégico para a gestão e o planejamento dos recursos hídricos em domínios estaduais, os órgãos gestores de recursos hídricos estaduais começaram a abrir licitações para a construção dos seus próprios sistemas.

Em 2000, o Ministério do Meio Ambiente, através da Secretaria de Recursos Hídricos, desenvolveu o SISAGUA – Sistemas de Apoio ao Gerenciamento de Usuários da Água (MMA, 2000), envolvendo um sistema de controle de outorgas (SISCO), um sistema de informações georreferenciadas (SIGEO) e um sistema de armazenamento de informações quali-quantitativas das outorgas (SQAQO). Desde então tem sido desenvolvido uma série de sistemas para o apoio à gestão e planejamento dos recursos hídricos. Esses sistemas vêm utilizando variadas tecnologias no seu desenvolvimento, e cada um possui uma estrutura própria e independente.

2.3.1. Sistema de Informação Geográfica

Atualmente os sistemas de informação geográfica têm sido bastante utilizados, para auxiliar na gestão e planejamentos dos recursos hídricos.

Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são sistemas automatizados capazes de armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para análises e processamentos (CÂMARA et al, 1996).

Como percebe-se na Figura 2, grande parte dos dados sobre recursos hídricos são dados espaciais como, por exemplo, hidrografia, relevo, localização de intervenções, mapa de direção de escoamento de terreno e etc. São dados que necessitam de um SIG para a sua melhor visualização e manipulação. Visto isso, os SIGs tornaram-se uma ferramenta poderosa para auxiliar a gestão de recursos hídricos.

2.4.Arquitetura de Software

Atualmente softwares são utilizados em vários momentos do dia-a-dia. Usamos software quando utilizamos um celular, quando efetuamos uma compra pela internet, usamos um cartão de crédito, ou até mesmo quando utilizamos um elevador. Para que o aumento da confiabilidade nos softwares seja sustentada, eles necessitam realizar as funções de forma adequada, ter um mínimo aceitável de qualidade, estar disponível quando solicitado, e ter preço e prazo de entregas aceitáveis. Todas essas características são diretamente influenciadas pela arquitetura de software.

Além disso, com o aumento do tamanho e complexidade dos sistemas, os problemas nos projetos de software têm ido além dos algoritmos e estruturas de dados, projetar e especificar toda a estrutura de um sistema tornou-se um grande problema. Nesse contexto é que entra a Arquitetura de Software.

Atualmente existem diversas definições para Arquitetura de Software, dentre elas pode-se destacar:

Uma arquitetura é um conjunto de decisões significantes sobre a organização de um sistema de software, a seleção dos elementos estruturais e suas interfaces pelo qual o sistema é composto, juntamente com seus comportamentos como especificado nas colaborações entre esses elementos, a composição entre estes elementos em subsistemas progressivamente maiores, e o estilo arquitetural que guia esta

organização – estes elementos e suas interfaces, suas colaborações, e suas composições (KRUCHTEN, 2000).

Uma arquitetura de software de um programa ou sistema de computação é uma estrutura ou estruturas de um sistema, o qual compreende elementos de software, as propriedades visíveis externamente destes elementos, e os relacionamentos entre eles (BASS, 2003).

A arquitetura de software de um sistema ou uma coleção de sistemas consiste em todas as decisões de projeto importantes relacionadas às estruturas do software e as interações entre estas estruturas. As decisões de projeto apóiam um conjunto de qualidades desejadas que o sistema deva suportar para ser bem sucedido. As decisões de projeto provêm uma base conceitual para o desenvolvimento, apoio, e manutenção dos sistemas (MCGOVERN, 2004).

Apesar das definições mostradas anteriormente serem de certa forma diferentes, elas possuem um alto grau de semelhança. A maioria das definições indica que um arquitetura se preocupa tanto com a estrutura (e os relacionamentos entre estas estruturas) quanto com o comportamento de um sistema, mas o interesse da arquitetura se volta apenas para os elementos mais significantes do projeto. Nesse sentido é que a arquitetura se difere do *design* de um sistema.

Toda arquitetura é design, mas nem todo design é arquitetura. Arquitetura representa as decisões importantes do projeto, onde importância é medido pelo custo de mudança (BOOCH, 2009).

Como podemos perceber, o foco da arquitetura está nas decisões sistêmicas que causam maior impacto ao projeto. A Figura 3 mostra onde está o foco das decisões arquiteturais.

	Pouco Impacto	Grande Impacto (alta prioridade, importante para o negócio)
Sistêmico (amplo escopo)	não arquitetural	foco das decisões arquiteturais
Local	não arquitetural	geralmente não arquitetural

Figura 3 - Escopo de Decisão X Impacto (Malan, 2005)

Uma vez que o foco da arquitetura está somente nos elementos significantes, ela provê uma visão particular do sistema em consideração, com foco no que é mais relevante para o arquiteto de software. Neste sentido, uma arquitetura é uma abstração de um sistema que ajuda o arquiteto a gerenciar complexidade (EELES, 2009).

No campo da arquitetura de software existem três conceitos importantes (Figura 4), a figura do arquiteto, as tarefas de arquitetar que ele executa, e a arquitetura resultante dessa tarefa.

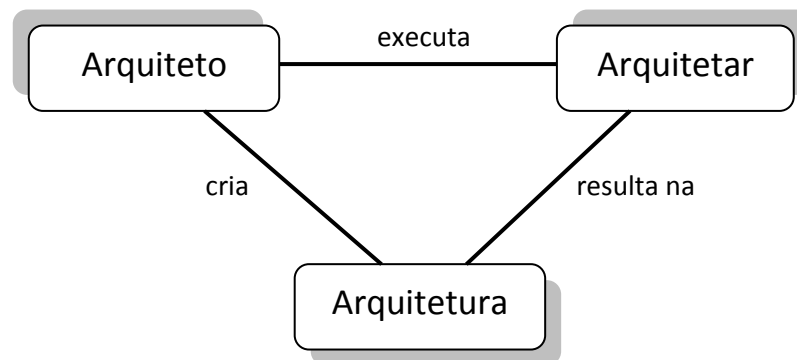


Figura 4 - Três conceitos fundamentais em arquitetura de software: arquiteto, arquitetar e arquitetura.

O conceito de arquitetura já foi discutido anteriormente, já os dois conceitos fundamentais restantes serão discutidos a seguir.

Um arquiteto é uma pessoa, equipe, ou organização responsável pela arquitetura de sistemas (IEEE, 2000).

O papel do arquiteto é sem dúvida o mais desafiador em qualquer projeto de desenvolvimento de software. O Arquiteto é o líder técnico do projeto, e da perspectiva técnica, ele carrega a responsabilidade do sucesso técnico ou falha do projeto.

Peter Eeles (EELES, 2009) descreve um arquiteto como um líder técnico que possui algumas habilidades em áreas específicas.

- O arquiteto é um líder técnico – Diferentemente do gerente de projetos, o arquiteto é o líder técnico do projeto, que possui habilidades técnicas e de liderança, e deve ter autoridade para tomar decisões técnicas. Por sua vez, o gerente de projeto tem a preocupação mais voltada para o plano de projeto, em termos de recursos, cronograma, custos e etc.
- O papel do arquiteto pode ser desempenhado por um time – As melhores arquiteturas geralmente são criadas por um time ao invés de uma única pessoa, simplesmente porque existe maior abrangência e profundidade do conhecimento quando mais de uma pessoa está envolvida.
- O arquiteto entende o processo de desenvolvimento de software – O arquiteto deve valorizar e entender o processo de desenvolvimento de software, porque esse processo assegura que todos os membros do time trabalhem de uma maneira coordenada.
- O arquiteto tem conhecimento do domínio do negócio – É recomendável que o arquiteto tenha conhecimento do domínio do negócio, assim ele pode atuar como intermediador entre os usuários, que entendem do negócio, e os membros da equipe de desenvolvimento. Um bom arquiteto possui um bom equilíbrio entre o conhecimento na área de desenvolvimento de software e o conhecimento na área de domínio do negócio.
- O arquiteto tem conhecimento tecnológico – Certos aspectos da tarefa de arquitetar claramente requerem um conhecimento tecnológico. Um arquiteto não precisa ser um especialista em tecnologia, no entanto, ele necessita conhecer os elementos mais significativos de uma tecnologia, não os detalhes.
- O arquiteto tem habilidade de *design* de software – O *design* é claramente um aspecto fundamental da tarefa de arquitetar, visto que toda arquitetura é *design* (BOOCH, 2009).
- O arquiteto tem habilidades de programação – A comunicação entre o arquiteto e os desenvolvedores só será eficaz se o arquiteto tiver apreço ao trabalho dos desenvolvedores.
- O arquiteto é um bom comunicador – Comunicação com as pessoas envolvidas no projeto é fundamental para entender às suas necessidades e também para expor a arquitetura criada.

- O arquiteto toma decisões – Durante o ciclo de vida de um projeto o arquiteto deverá tomar diversas decisões que influenciaram o futuro do projeto. A falta de habilidade de tomar decisões de um arquiteto irá vagarosamente “minar” o projeto.
- O arquiteto é um negociador – Durante as diversas fases da construção de uma arquitetura o arquiteto interage com diversas pessoas envolvidas no projeto (*stakeholders*). Algumas dessas interações requerem habilidades de negociador.

Tendo descrito o que é uma arquitetura e tendo definido as características e o papel do arquiteto, já pode-se definir o que é arquitetar.

Arquitetar um software, representa a atividade de definir, documentar, manter, expandir, e implementar adequadamente uma arquitetura (IEEE, 2000).

Arquitetar não é uma tarefa simples, e exige em muitos casos muita experiência e técnica do arquiteto. Segundo Eeles (2009), arquitetar é ao mesmo tempo uma ciência e uma arte, que apesar de ser reconhecida como uma disciplina que enfatiza as técnicas, processos, e ativos que focam na melhoria do processo de arquitetar, ela também exige do arquiteto um certo nível de criatividade. Em alguns casos não existe um modelo de experiência disponível para seguir, o que faz com que o arquiteto trabalhe como um artista que começa a sua pintura a partir de uma tela em branco.

A tarefa de arquitetar não termina até que o sistema seja entregue. Muitas vezes, decisões arquiteturais devem ser tomadas durante todo o projeto. O que faz com que o arquiteto deva ficar trabalhando na equipe até o fim do projeto. Logicamente, quando as principais decisões arquiteturais tiverem sido tomadas, não há necessidade de que o arquiteto trabalhe em tempo integral no projeto.

Geralmente ao se construir uma arquitetura de software não precisamos começar do zero, na maioria dos casos podemos utilizar frameworks e estilos arquiteturais existentes.

Um estilo arquitetural, define uma família de sistemas, em termos de um padrão de organização estrutural. Mais especificamente, um estilo arquitetural determina o vocabulário de componentes e conectores que podem ser utilizados em instâncias do estilo, juntamente com um conjunto de restrições sobre a forma como eles podem ser combinados (GARLAN, 1994).

Um estilo arquitetural melhora o particionamento e reuso do projeto, fornecendo soluções para problemas recorrentes. Por sua vez, os frameworks auxiliam na construção e documentação de uma arquitetura. Existem atualmente no mercado diversos frameworks que auxiliam na descrição de uma arquitetura de software. Cada framework geralmente possui determinada característica.

Kruchten (1995), em seu trabalho *The “4+1” View Model of Software Architecture*, por exemplo, tem como característica o uso de múltiplas visões e o uso de uma visão de cenários. Já Rozanski (2005), em seu livro *Software Systems Architecture : Working With Stakeholders Using Viewpoints and Perspectives*, tem como foco os requisitos transversais. Por sua vez Zachman (1987), através do chamado *Zachman Framework*, separa em níveis de realizações o conjunto de descrições de arquiteturas que compõem a descrição da arquitetura para uma empresa.

Dentre os frameworks existentes na atualidade, Sessions (2007) destaca quatro deles como sendo os mais importantes: o Zachman Framework (ZACHMAN, 1987); o Open Group Architectural Framework (TOGAF) (HARRISON, 2010), que embora seja chamado de framework é mais conhecido atualmente como um processo; o Federal Enterprise Architecture (FEA) (FEA, 2007), que pode ser visto tanto como uma arquitetura corporativa implementada ou como uma metodologia prescritiva para a criação de uma arquitetura corporativa; e o Gartner Methodology (JAMES, 2005), que é melhor descrito como uma prática arquitetural corporativa.

Dentre os frameworks citados anteriormente, o Zachman Framework merece destaque. Basicamente, o campo da arquitetura corporativa teve início em 1987, com a publicação no *IBM Systems Journal* de um artigo cujo título era *A Framework for Information Systems Architecture* (ZACHMAN, 1987), escrito por J. A. Zachman. Nesse artigo, Zachman apresentou o desafio e a visão das arquiteturas corporativas que serviriam de orientação para esse campo nas duas décadas que se seguiram. Gerenciar a complexidade dos sistemas cada vez mais distribuídos era o desafio.

Zachman foi a principal influência de uma das primeiras tentativas feitas por uma agência do governo dos Estados Unidos, o Departamento de Defesa, para criar uma arquitetura corporativa. Essa tentativa ficou conhecida como *Technical Architecture Framework for Information Management* (TAFIM) (DOD, 1994), sendo modificado mais tarde pelo Open Group e originou o *TOGAF*.

Ainda nos dias de hoje o Zachman Framework tem sido amplamente utilizado. Dantu (2011) utiliza dinâmica de sistemas juntamente com o Zachman Framework para

estabelecer todo o escopo e contexto de toda tomada de decisão médica feita dentro de um centro médico moderno. Já Gokhale (2010) busca explorar o impacto de se integrar o Zachman Framework com Balanced Scorecard (BSC), que é um sistema para gerenciamento e planejamento estratégico. Por sua vez, Gona (2011) utiliza o Zachman Framework para ajudar a mensurar a qualidade em unidades de saúde. Já Rachuri et al. (2011) propõe uma abordagem multiperspectiva baseada no Zachman Framework para ajudar a identificar as lacunas e sobreposições, harmonizar e desenvolver estratégias de implementação de normas de sustentabilidade.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o Zachman Framework em razão da sua vasta popularidade e simplicidade de utilização. Segundo Pereira & Sousa (2004), o Zachman Framework é o framework mais conhecido no contexto da arquitetura corporativa. Ele é o framework mais citado, o qual o torna uma base para avaliar, criar e customizar outros frameworks, métodos e ferramentas (FATOLAH, 2006).

2.4.1. Zachman Framework

Em 1987 John A. Zachman, um pesquisador da IBM, propôs o que agora chamamos de Zachman Framework, uma forma de conceituar o que está envolvido em qualquer arquitetura de sistemas de informação. Zachman sugeriu um paralelo entre a construção civil com seus desenhos e plantas baixas, e o desenvolvimento de software. Ele ressaltou que uma organização não tem uma única arquitetura, mas em vez disso, uma série de diagramas e documentos que representam diferentes aspectos ou pontos de vista, e diferentes fases.

Desde seu artigo original, publicado em 1987, Zachman tem trabalhado para refinar e melhorar seu framework, até chegar ao atual *Zachman Framework for Enterprise Architecture*. Adicionalmente, o termo *enterprise architecture* se refere a um conjunto de descrições de elementos de arquiteturas que, quando agrupados em um todo coeso, provêm uma visão completa de uma organização.

O Zachman Framework é uma forma de conceituar como todas as arquiteturas específicas que uma organização pode criar, podem ser integradas dentro de uma visão de fácil compreensão. Ele é um modelo analítico ou esquema de classificação que organiza representações descritivas. Ele não descreve um processo de implementação e é independente de metodologias específicas (FRANKEL, 2003).

O *Framework for Enterprise Architecture* (Figura 5) é um esquema de classificação bidimensional para representações descritivas de uma empresa, que também pode ser utilizado para descrição de arquitetura de software.

The Zachman Framework	DATA What	FUNCTION How	NETWORK Where	PEOPLE Who	TIME When	MOTIVATION Why
SCOPE (Contextual) Planner	Things Important to the Business 	Processes the Business Performs 	Locations in which the Business Operates 	Organizations Important to the Business 	Events/Cycles Significant to the Business 	Business Goals/Strategies
BUSINESS MODEL (Conceptual) Owner	Conceptual Data Model 	Business Process Model 	Business Logistics 	Work Flow Model 	Master Schedule 	Business Plan
SYSTEM MODEL (Logical) Designer	Logical Data Model 	Application Architecture 	Distributed System Architecture 	Human Interface Architecture 	Processing Structure 	Business Rule Model
TECHNOLOGY MODEL (Physical) Builder	Physical Data Model 	System Design 	Technology Architecture 	Presentation Architecture 	Control Structure 	Rule Design
DETAILED REPRESENTATIONS Sub-Contractor	Data Definition 	Program 	Network Architecture 	Security Architecture 	Timing Definition 	Rule Specification
FUNCTIONING ENTERPRISE	Data 	Function 	Network 	Organization Units 	Schedule 	Strategy

Figura 5 - Zachman Framework (ZACHMAN, 1987)

Cada linha descreve as perspectivas daqueles que usam os modelos ou descrições contidas nas células. A linha superior representa uma perspectiva mais genérica de uma organização, enquanto as linhas mais baixas são sucessivamente mais concretas. A linha inferior representa uma descrição dos dados atuais, códigos e pessoas que compõem a empresa.

As perspectivas, iniciando do topo da tabela, são:

- Escopo: (contextual) Perspectiva do planejador - Descreve os modelos, arquiteturas e representações que fornecem os limites para a organização, e descreve o que os executivos sênior devem considerar, por exemplo, quando eles pensam sobre a organização e como ela interage com o mundo.
- Modelo de negócio: (conceitual) Perspectiva do proprietário - Descreve os modelos, arquiteturas e descrições utilizadas pelos indivíduos que são os donos

do processo de negócio. Eles se concentram nas características de uso dos produtos.

- Modelo de sistema: (lógico) Perspectiva do projetista - Descreve os modelos, arquiteturas e descrições utilizadas por engenheiros, arquitetos e aqueles que fazem o intermédio entre o que é desejável e o que é tecnicamente possível.
- Modelo tecnológico: (físico) Perspectiva do desenvolvedor - Descreve os modelos, arquiteturas e descrições utilizadas por técnicos, engenheiros e pessoas contratadas para projetar e criar o produto. A ênfase aqui é nas restrições e o que será realmente construído.
- Representações detalhadas: (fora do contexto) Perspectiva do subcontratado - Descreve os elementos atuais ou partes que estão incluídas, ou compõem, o produto final (por exemplo os componentes de software). Usando a metáfora da construção civil, Zachman refere a ela como uma perspectiva da empreiteira, e isso faz sentido no desenvolvimento de software quando o projeto é implementado com módulos ou componentes adquiridos de terceiros.
- Funcionamento da empresa - A linha inferior representa os elementos que estão atualmente implantados e em execução, dados e pessoas da organização. Ela não é uma perspectiva como tal, mas o “mundo real” em toda sua complexidade, que sustenta todas as perspectivas abstratas acima dela.

As colunas do framework descrevem os tipos de abstrações que definem cada perspectiva. Elas representam diferentes áreas de interesse para cada perspectiva. São elas:

- Dados: O que é feito? Tem foco na composição material do produto. No caso de sistemas de software, o foco é nos dados.
- Função: Como isso funciona? Tem foco nas funções ou transformações do produto.
- Rede: Onde os elementos estão relativamente localizados um em relação ao outro? Tem foco na geometria ou conectividade do produto.
- Pessoas: Quem faz o trabalho? O foco é nas pessoas, manuais, instruções de operação ou modelos que eles usam para realizar suas tarefas.
- Tempo: Quando as coisas acontecem? O foco é no ciclo de vida, calendário e o cronograma usado para controlar as atividades.

- **Motivação:** Por que as coisas acontecem? O foco é nas metas, planos e regras que prescrevem políticas e fins que norteiam a organização.

Cada célula descreve uma arquitetura, modelo, representação ou descrição que uma organização pode documentar. Cada uma das células do quadro é autônoma, assim cada uma pode ser descrita ou modelada de forma independente. Todas as células em uma determinada linha compõem uma determinada perspectiva. Todas as células em uma coluna estão relacionadas umas às outras desde que o foco esteja sobre o mesmo tipo de elementos.

3. ARQUITETURA DESENVOLVIDA PARA SISTEMAS DE INFORMAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

Levando em consideração que a linha superior do Zachman Framework representa uma perspectiva mais genérica de um sistema, enquanto as linhas mais baixas são sucessivamente mais concretas, no mapeamento foi incluído os modelos de escopo, modelo de negócios e modelo de sistema. O modelo tecnológico não foi incluído, uma vez que no desenvolvimento da arquitetura busca-se uma independência tecnológica. A representação detalhada também não será incluída, uma vez que depende da metodologia de implementação utilizada, podendo ser obtida de diversas formas a partir do conjunto de arquiteturas que compõe as perspectivas superiores.

Começaremos descrevendo uma linha de cada vez e suas respectivas colunas, partindo assim da linha que descreve a perspectiva do planejador até chegar à perspectiva do projetista.

Alguns campos não serão descritos, por serem uma pequena variação do nível superior, ou por ser irrelevante para a arquitetura.

Para auxiliar na construção da arquitetura e utilização do Zachman Framework, foi utilizado o software Enterprise Architect da empresa Sparx Systems (SPARX SYSTEMS, 2012), juntamente com uma extensão que dá suporte do Zachman Framework.

3.1. Nível Arquitetural “Escopo”

Este é o nível contextual que corresponde à perspectiva do planejador, mais próxima da visão do negócio.

3.1.1. Dados (O que)

Nesse campo são mostrados alguns ativos relativos à gestão de recursos hídricos no Brasil. Tais ativos foram selecionados por possuírem um conteúdo de leitura adequado para se ter uma boa visão do contexto do negócio. Os ativos podem ser facilmente acessados na arquitetura apenas clicando com o mouse em cima do pacote.

A Figura 6 exhibe o pacote que contém alguns ativos que auxiliam a compreensão do domínio em questão.

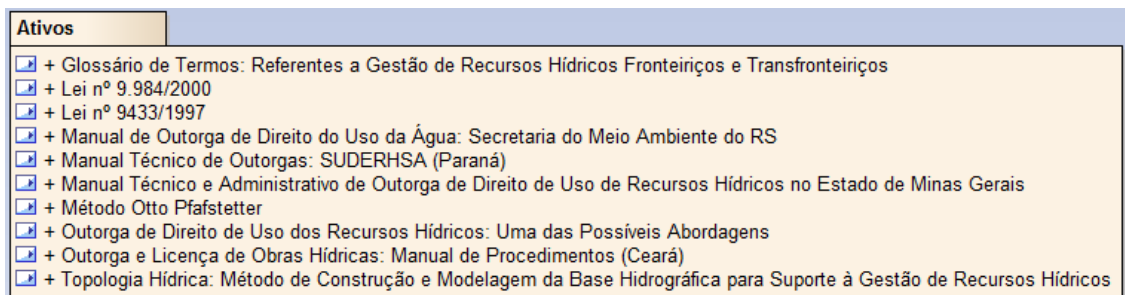


Figura 6 - Ativos importantes para a construção de um SISRH.

Ao se acessar o pacote será aberta uma nova página (Figura 7) onde é possível visualizar os ativos, a partir daí é possível abri-los clicando no link ao lado deles.

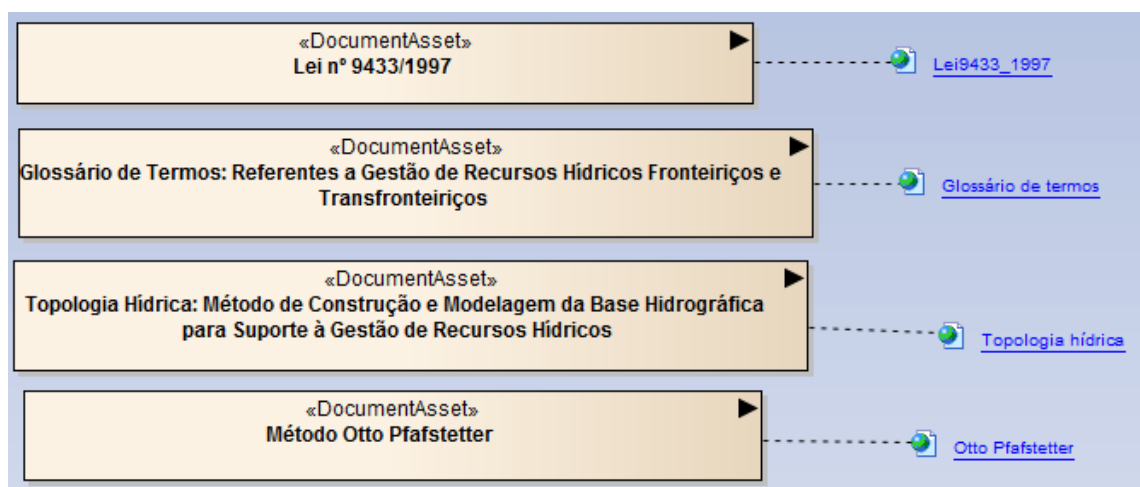


Figura 7 - Página de acesso aos ativos.

Grande parte dos diagramas contidos nos outros níveis da arquitetura foram inspirados, de certa forma, nos documentos apresentados neste campo do framework.

3.1.2. Função (Como)

Aqui são exibidos os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, que são usados para apoiar a gestão de recursos hídricos no país. A Figura 8 exhibe esses instrumentos. Dentre os instrumentos mostrados na Figura 8, deve-se dar atenção especial ao Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos.

Maiores detalhes sobre cada um dos instrumentos apresentados na Figura 8, podem ser encontrados em Brasil (1997).

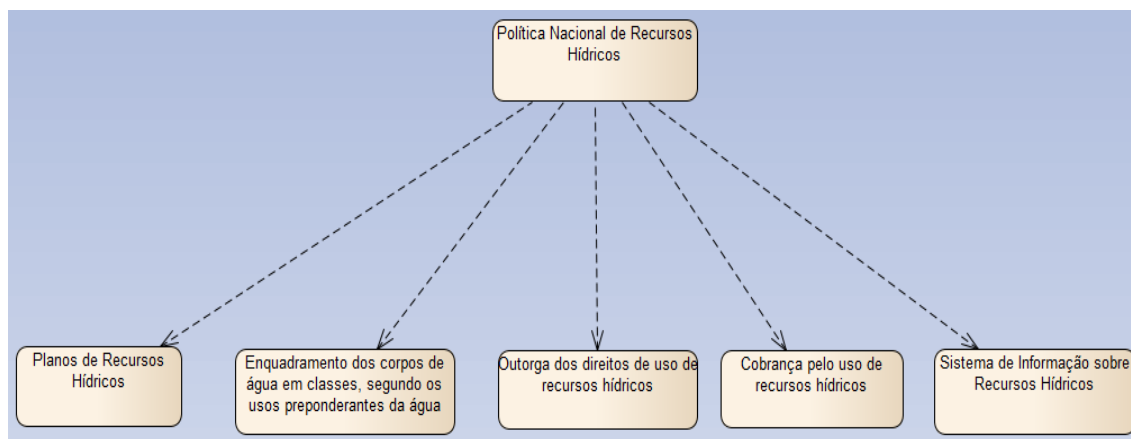


Figura 8 - Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

3.1.3. Rede (Onde)

Neste campo são exibidos blocos que separam informações referentes aos dados para contato dos principais órgãos que estão relacionados à gestão de recursos hídricos no Brasil.

A Figura 9 separa os órgãos em pequenos blocos para facilitar o acesso aos dados de contato de cada um. Para acessar as informações de contato dentro da arquitetura basta clicar nos links ao lado dos blocos.



Figura 9 - Contatos dos principais órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos no país.

3.1.4. Pessoas (Quem)

Neste campo é mostrada a estrutura organizacional da gestão de recursos hídricos no Brasil. A Figura 10 exibe um organograma que separa os órgãos pelo âmbito (nacional ou estadual) e pela responsabilidade (formulação da política ou implementação dela).

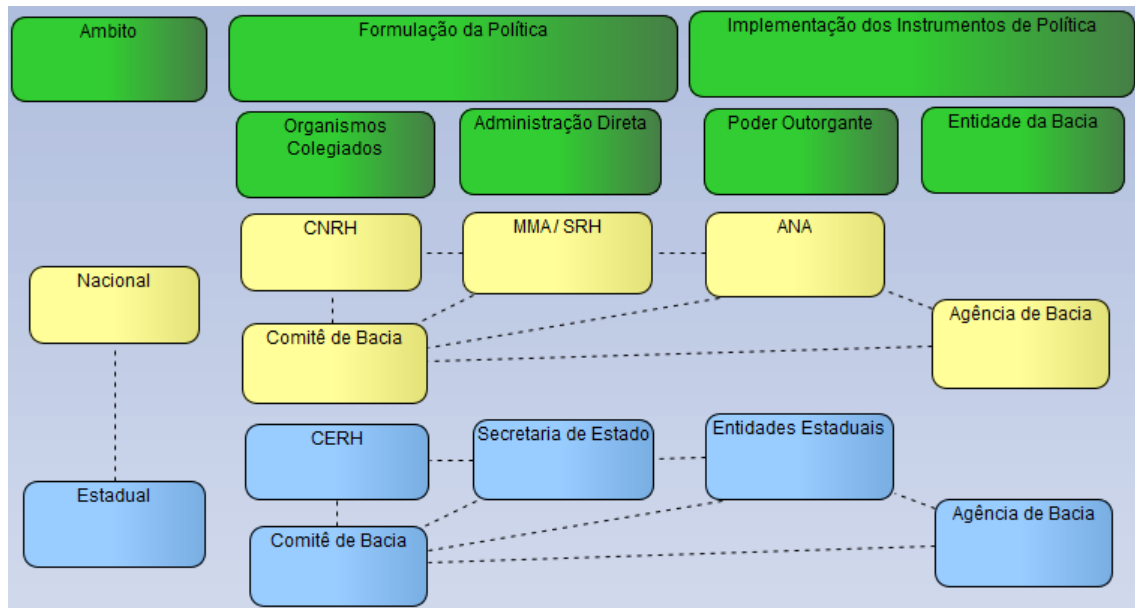


Figura 10 - Organograma da gestão dos recursos hídricos no Brasil. (VILELLA, 2004)

Cada órgão tem um papel essencial na gestão dos recursos hídricos no país, e a sua cooperação é fundamental para desempenharem de forma adequada a sua função.

3.1.5. Tempo (Quando)

Neste campo são colocados alguns dos eventos de negócio principais relativos à gestão de recursos hídricos. A Figura 11 exhibe alguns desses eventos.

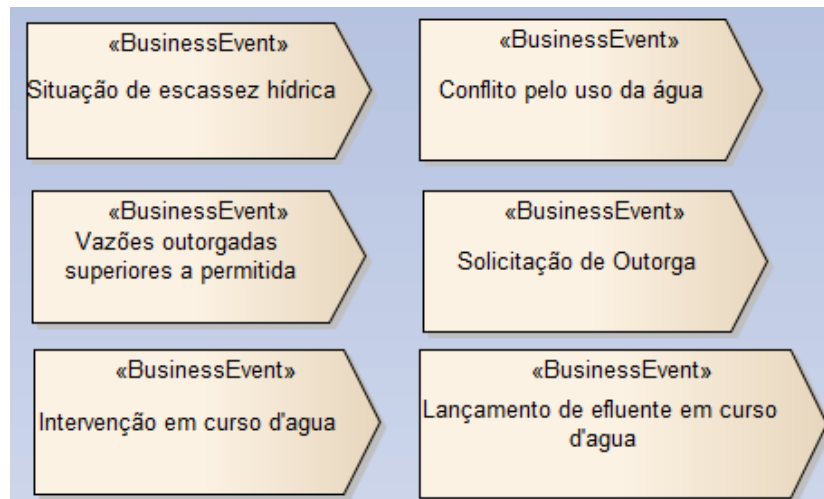


Figura 11 - Alguns eventos de negócio importantes para a gestão dos recursos hídricos.

Todos os eventos listados são importantes para a gestão de recursos hídricos. Alguns deles podem levar a ocorrência de outros, como é o caso de uma situação de escassez de água que pode levar a um conflito pelo uso da água.

3.1.6. Motivação (Por que)

A motivação aqui descrita é basicamente a Lei 9433/1997 (BRASIL, 1997), e os demais decretos e leis que regulamentam a gestão de recursos hídricos nos estados e no Brasil. Algumas delas podem ser visualizadas na Tabela 1. Como o número de decretos e leis é muito extenso, grande parte não foram adicionadas aqui.

Algumas leis, decretos e resoluções importantes, podem ser visualizadas em Santa Catarina (2008).

3.2. Nível Arquitetural “Modelo de Negócios”

Este é o nível conceitual que corresponde a perspectiva do “proprietário” do negócio.

3.2.1. Dados (O que)

Aqui são descritos as principais entidades envolvidas no modelo de negócios. A Figura 12 exibe um diagrama entidade-relacionamento que descreve os elementos principais desse domínio e os seus relacionamentos.

As entidades *Finalidade de Uso* e *Intervenção* podem se especializar em outras entidades, e essa especialização é disjunta, ou seja, só pode se especializar em uma entidade de cada vez.

Este diagrama foi construído com base nos manuais técnicos de outorga disponíveis no nível arquitetural “escopo”, na seção de dados desta arquitetura.

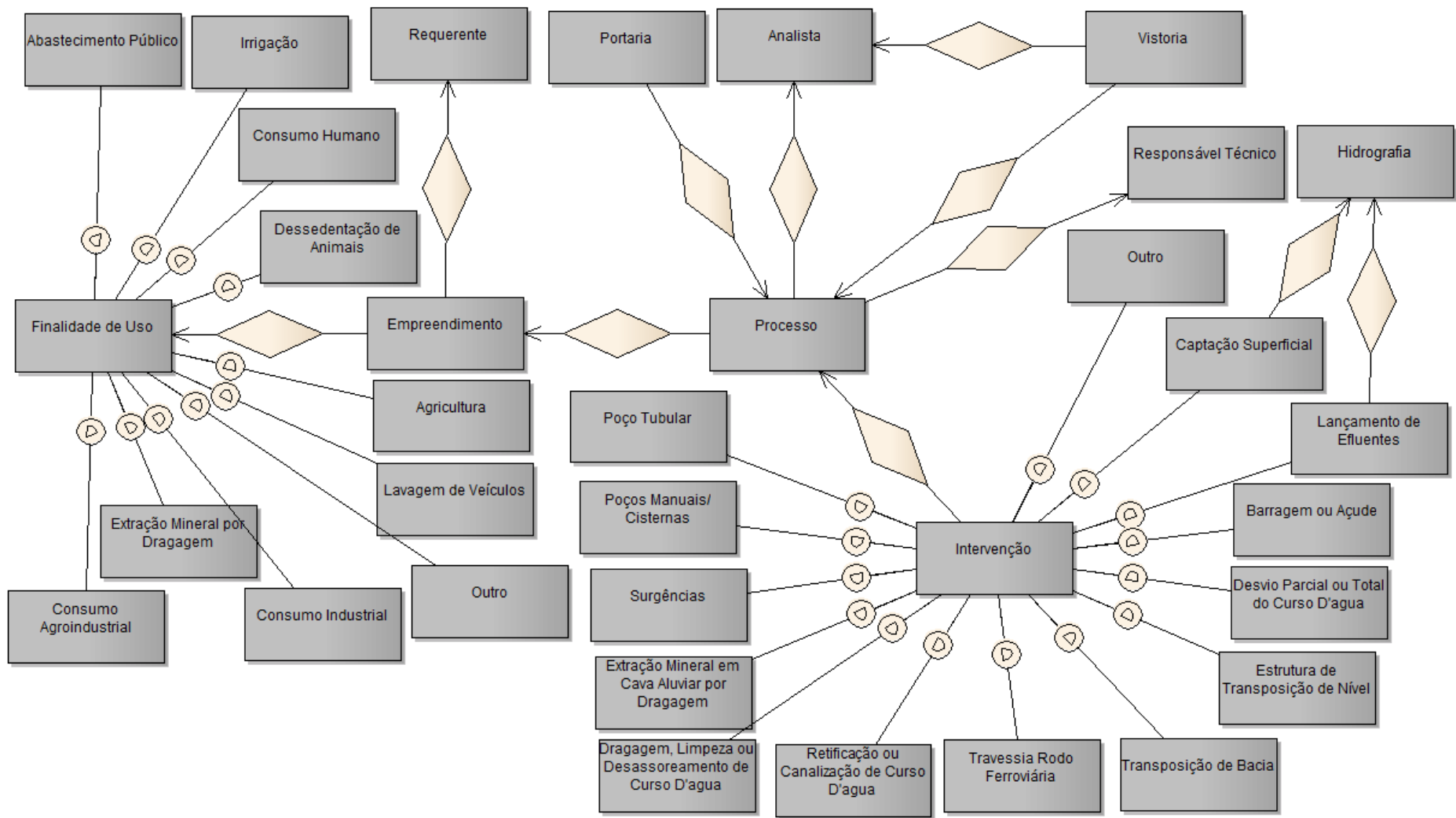


Figura 12 - Diagrama entidade-relacionamento com os elementos principais do domínio.

3.2.2. Função (Como)

A arquitetura aqui descrita é muito semelhante à exibida na perspectiva anterior, não sendo necessário descrevê-la aqui novamente.

3.2.3. Rede (Onde)

São mostrados aqui a localização dos órgãos relacionados a gestão dos recursos hídricos em cada estado. Em alguns estados, pode existir mais de um órgão que participa da gestão dos recursos hídricos. A Figura 13 mostra a rede dos órgãos gestores estaduais no Brasil. Para mais detalhes sobre cada órgão é necessário visualizar a arquitetura criada nesse nível para a perspectiva anterior, onde é possível visualizar a descrição de cada sigla, além do endereço na internet de cada órgão.

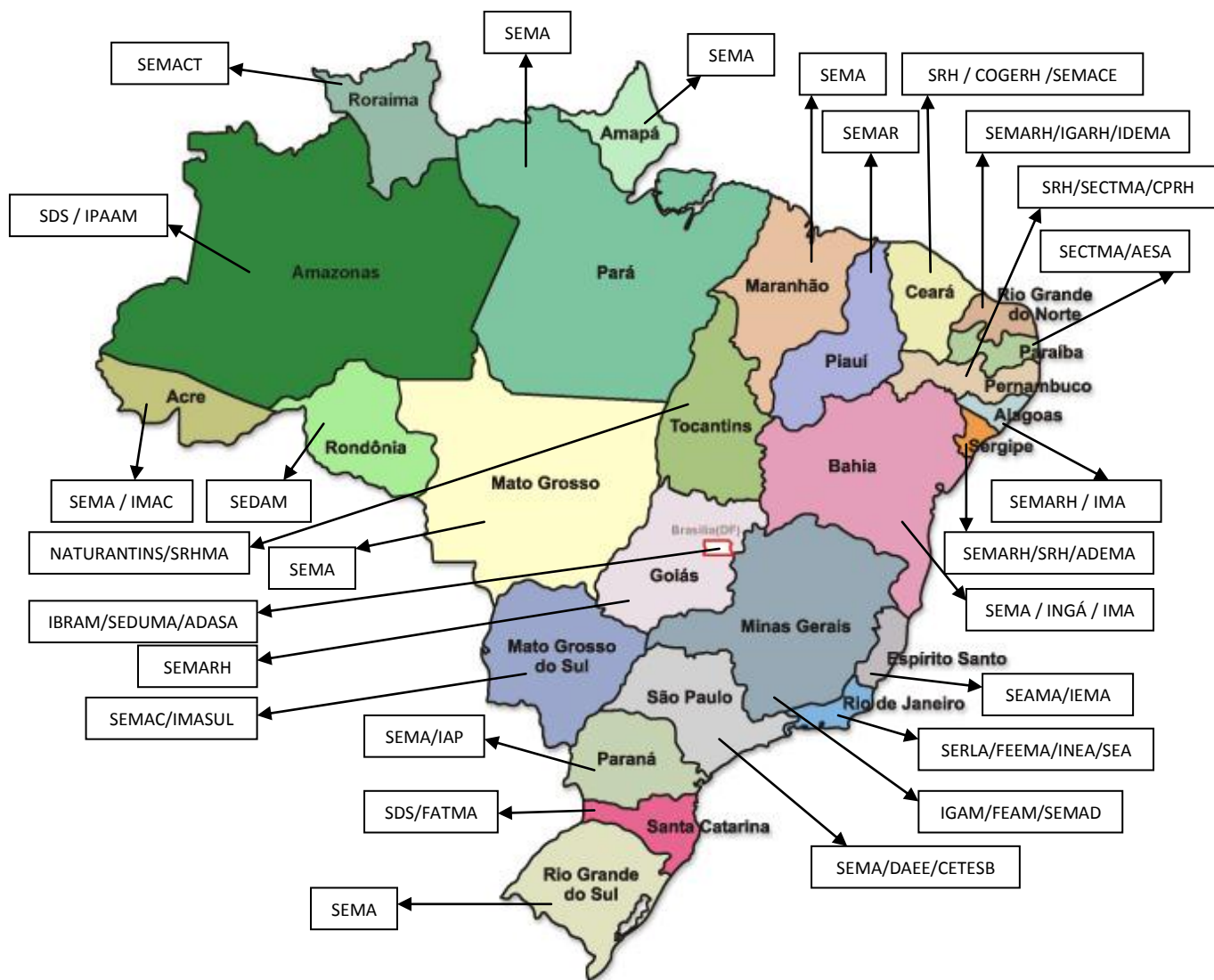


Figura 13 – Órgãos gestores dos recursos hídricos por estado.

3.2.4. Pessoas (Quem)

Os modelos de fluxo de trabalho são descritos aqui. A Figura 14 exibe o processo de análise técnica de outorga.

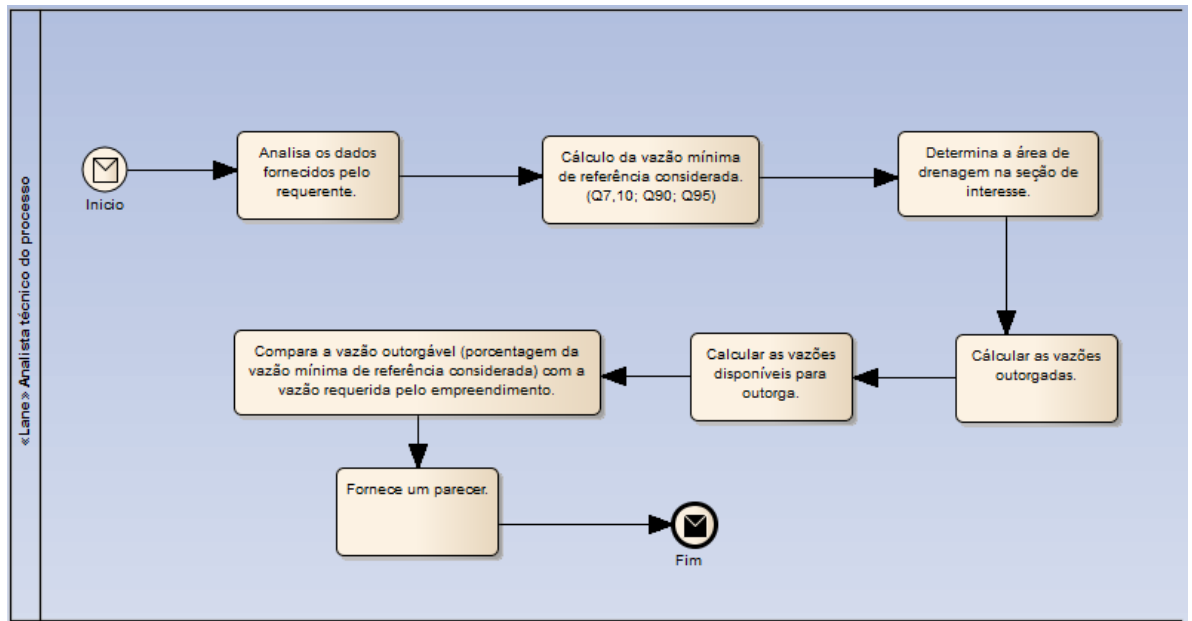


Figura 14 - Processo de análise técnica de outorga.

O processo de outorga também foi adicionado na arquitetura, e está disponível no apêndice B. Tais processos foram desenvolvidos com base na descrição de Silva (2004).

3.2.5. Tempo (Quando)

O “tempo” aqui descrito é muito semelhante ao mostrado na perspectiva anterior, não cabendo ser descrito aqui novamente.

3.2.6. Motivação (Por que)

A “motivação” aqui descrita é a mesma mostrada na perspectiva anterior do framework do Zachman. A motivação continua sendo a legislação vigente que regulamenta a gestão dos recursos hídricos a nível estadual e nacional.

3.3. Nível Arquitetural “Modelo de Sistema”

Este é o nível lógico que corresponde à perspectiva do projetista do sistema.

3.3.1. Dados (O que)

Neste campo é descrito o modelo lógico de dados na perspectiva do projetista. As Figuras 15, 16 e 17 exibem o diagrama de classes para um Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos. Na figura 15 podemos observar que o Processo de outorga está relacionado com um empreendimento que por sua vez está relacionado a um Requerente. Os atributos das classes também são definidos, como é o caso da classe Processo com o campo *modalidade*, que pode assumir o valor de *concessão* ou *autorização*. Os domínios dos valores de alguns dos atributos das classes são apresentados no apêndice A deste trabalho.

A classe Processo está relacionada com uma classe abstrata “Intervencao”, esta por sua vez pode se especializar em diversos tipos de intervenções como mostrado na Figura 16. A especialização “PocoTubular”, que está detalhada da Figura 17, possui uma série de relacionamentos com outras classes, que ajudam a detalhar esse tipo de intervenção subterrânea.

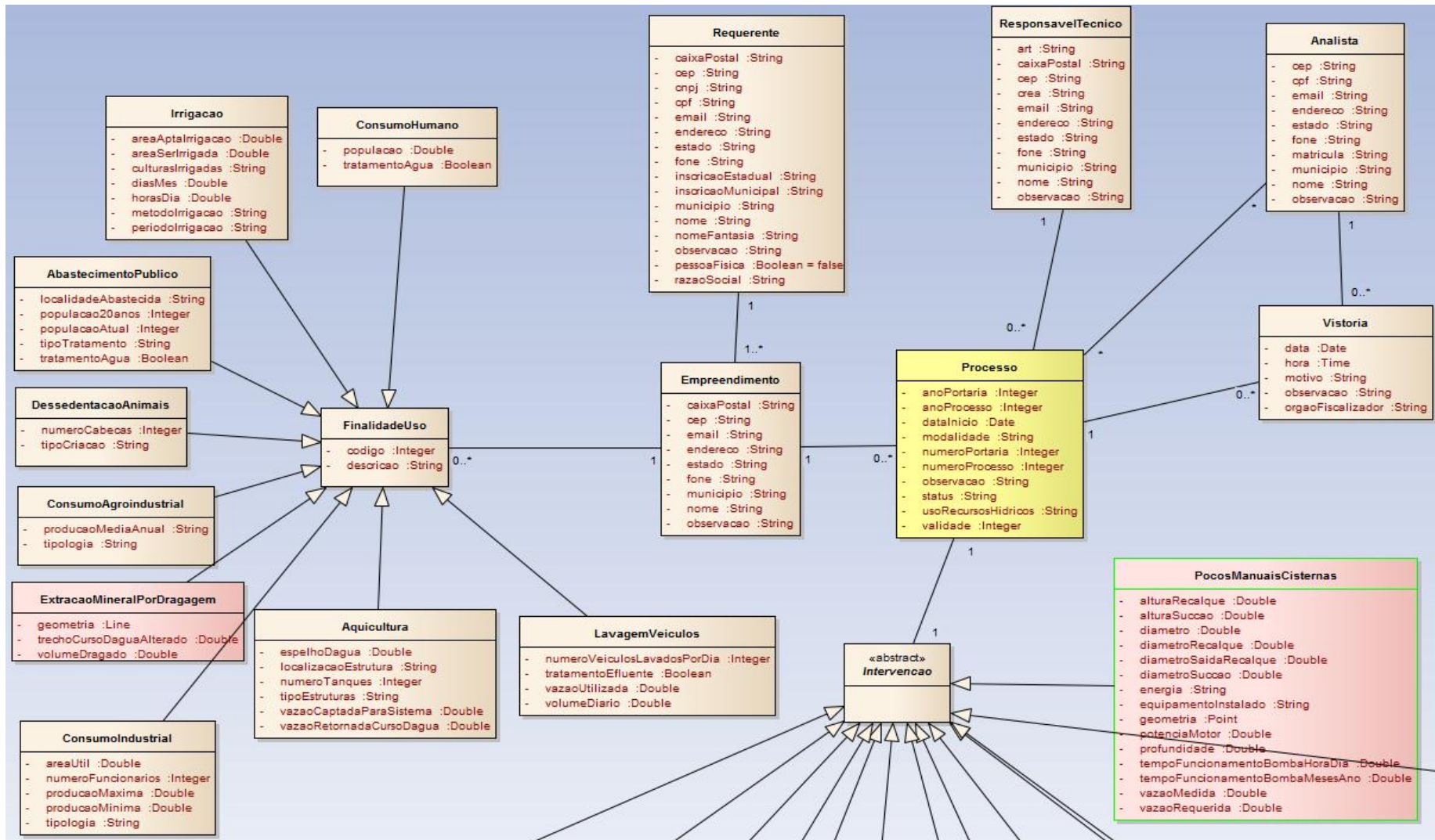


Figura 15 – Diagrama de classes para um SISRH (parte 1).

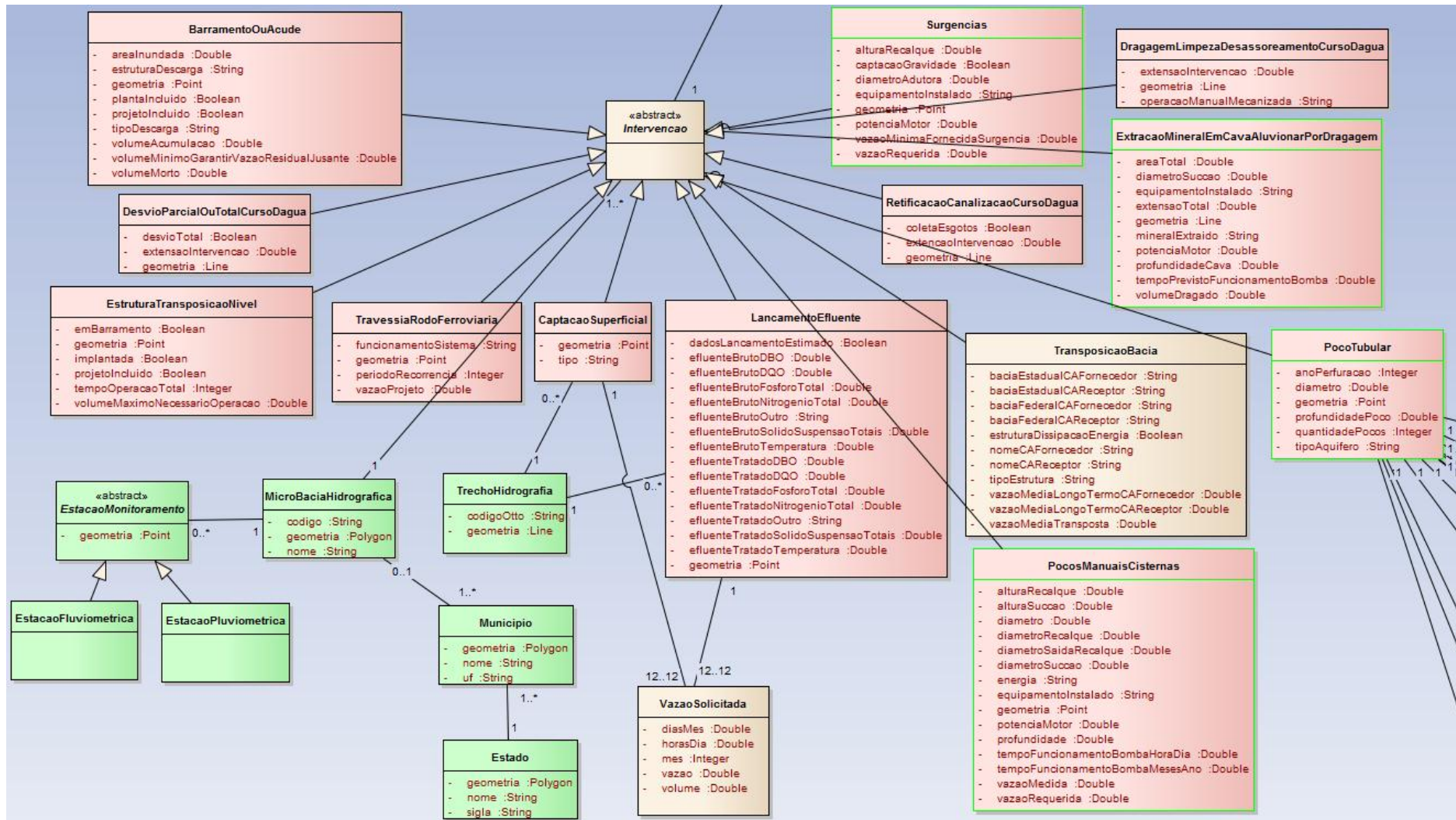


Figura 16 - Diagrama de classes para um SISRH (parte 2).

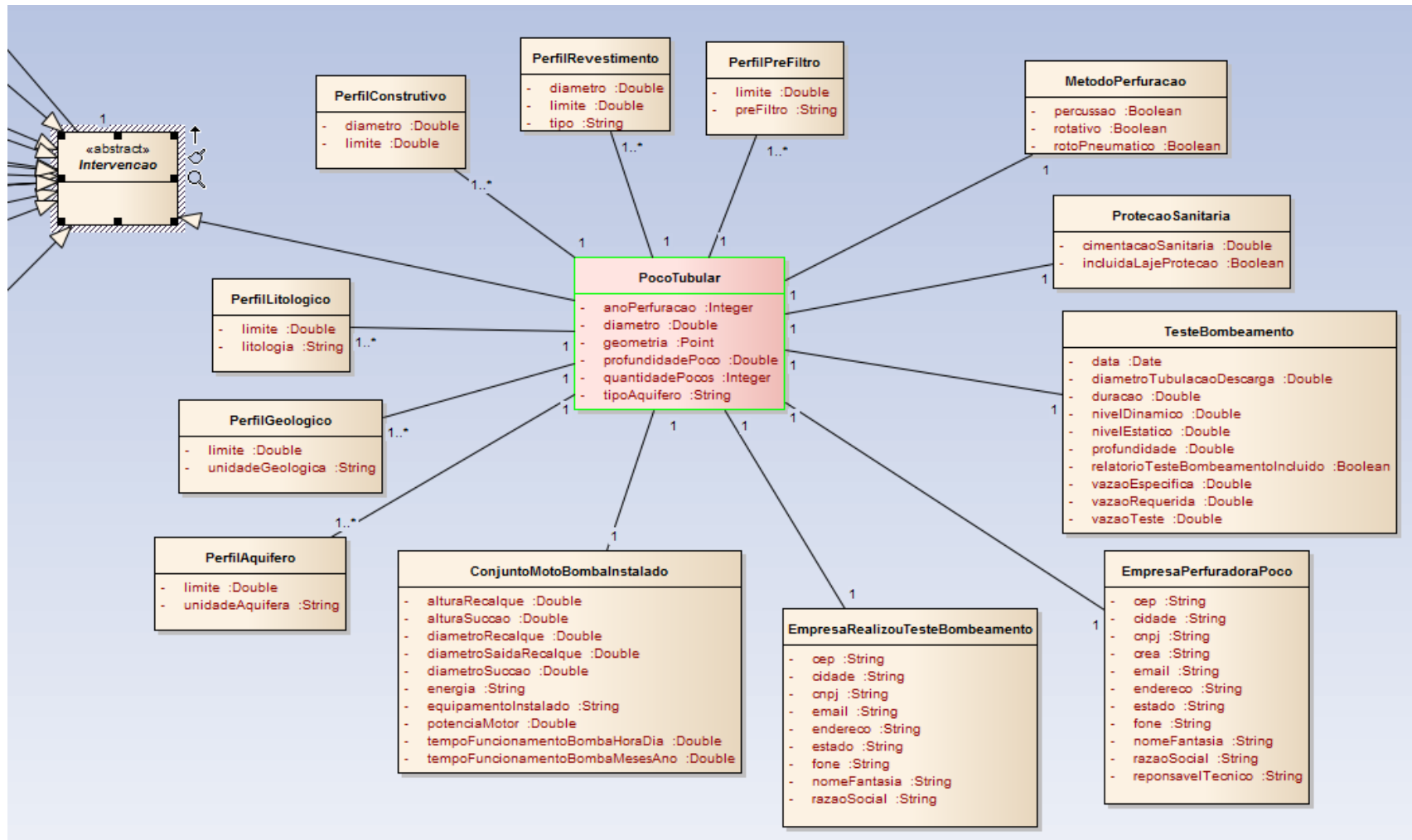


Figura 17 - Diagrama de classes para um SISRH (parte 3).

3.3.2. Função (Como)

Neste campo é apresentado uma série de diagramas de atividade que descrevem algumas das principais funções do sistema.

A Figura 18 exibe um diagrama de atividades para o cálculo das vazões mínimas de referência.

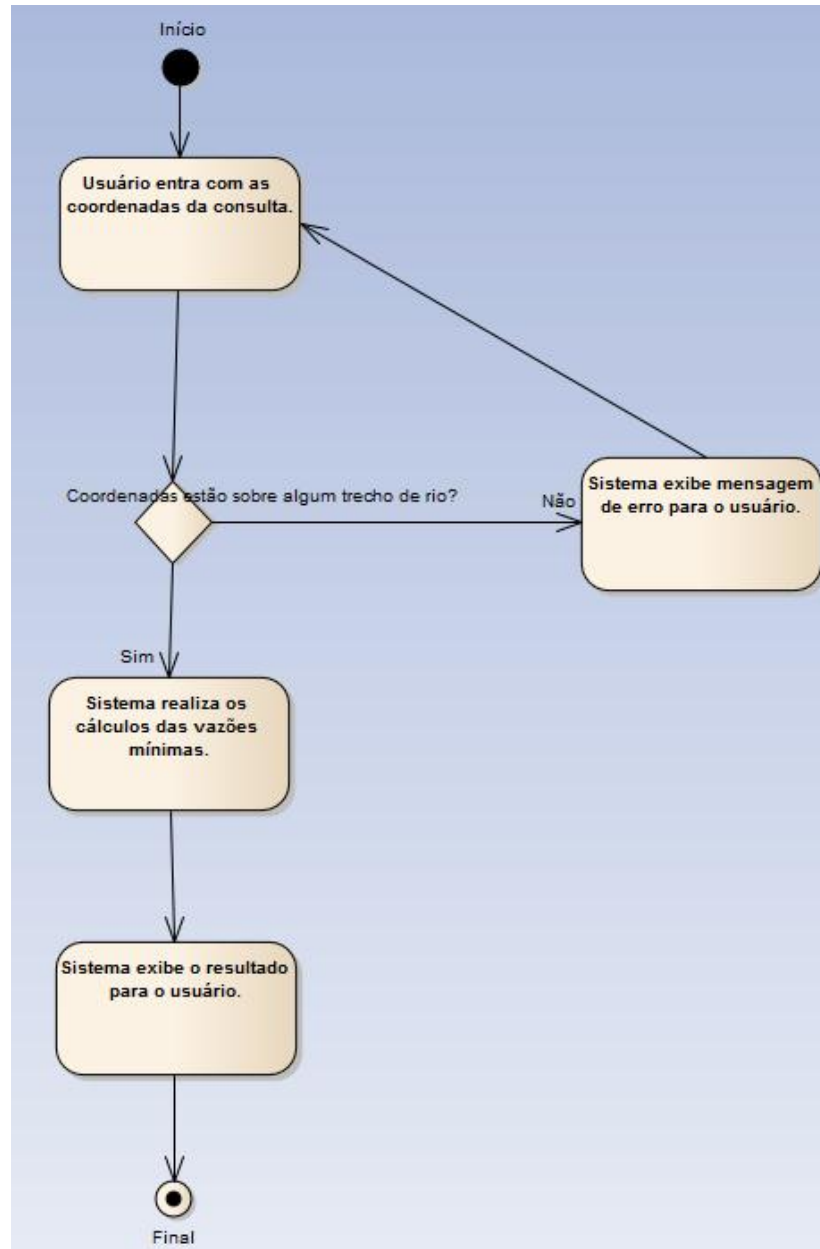


Figura 18 - Diagrama de atividades para o cálculo das vazões mínimas de referência.

A Figura 19 exibe um diagrama de atividades para o cálculo das vazões outorgadas. Já a Figura 20 exibe o diagrama de atividades para a avaliação da disponibilidade hídrica.

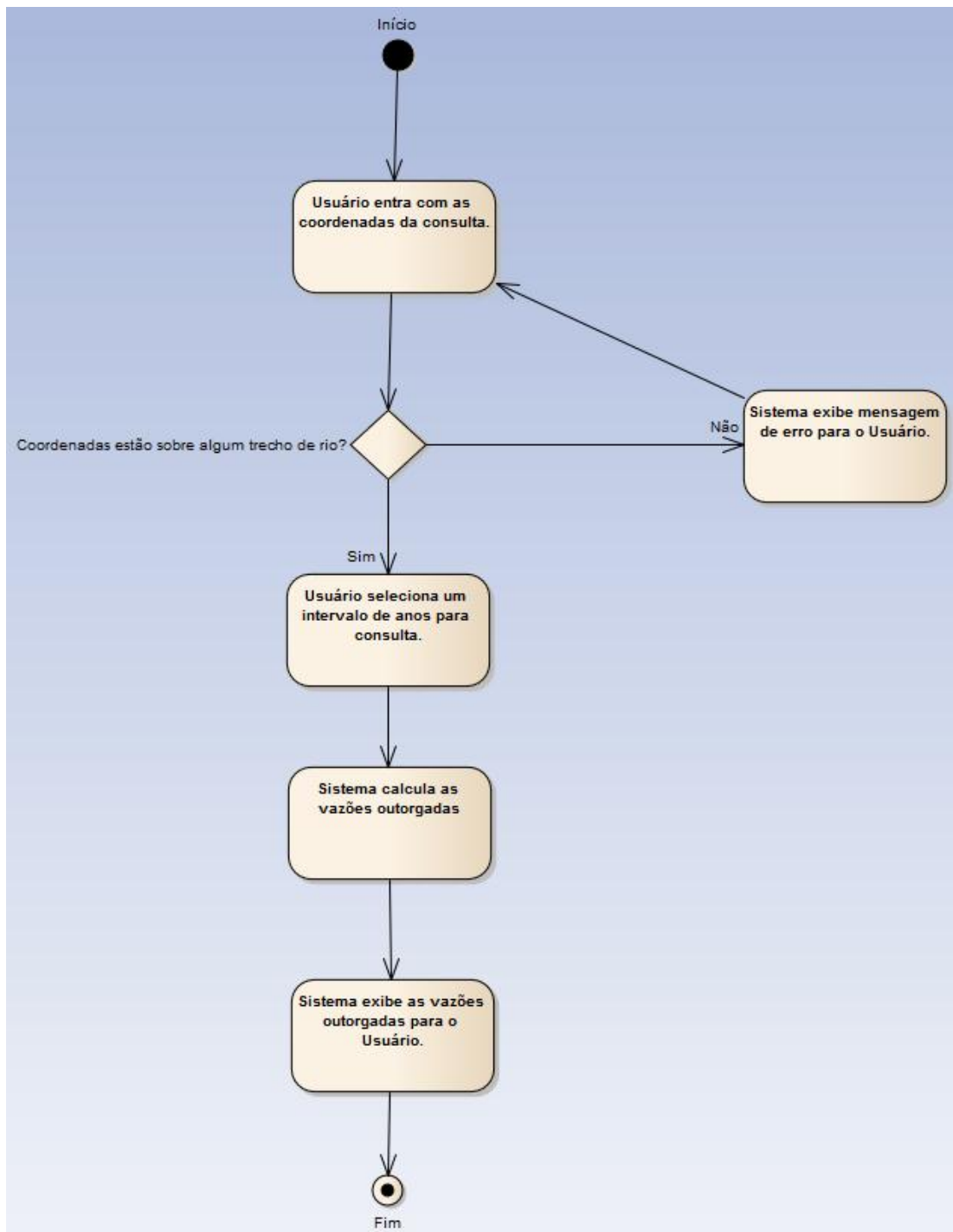


Figura 19 - Diagrama de atividades para o cálculo das vazões outorgadas.

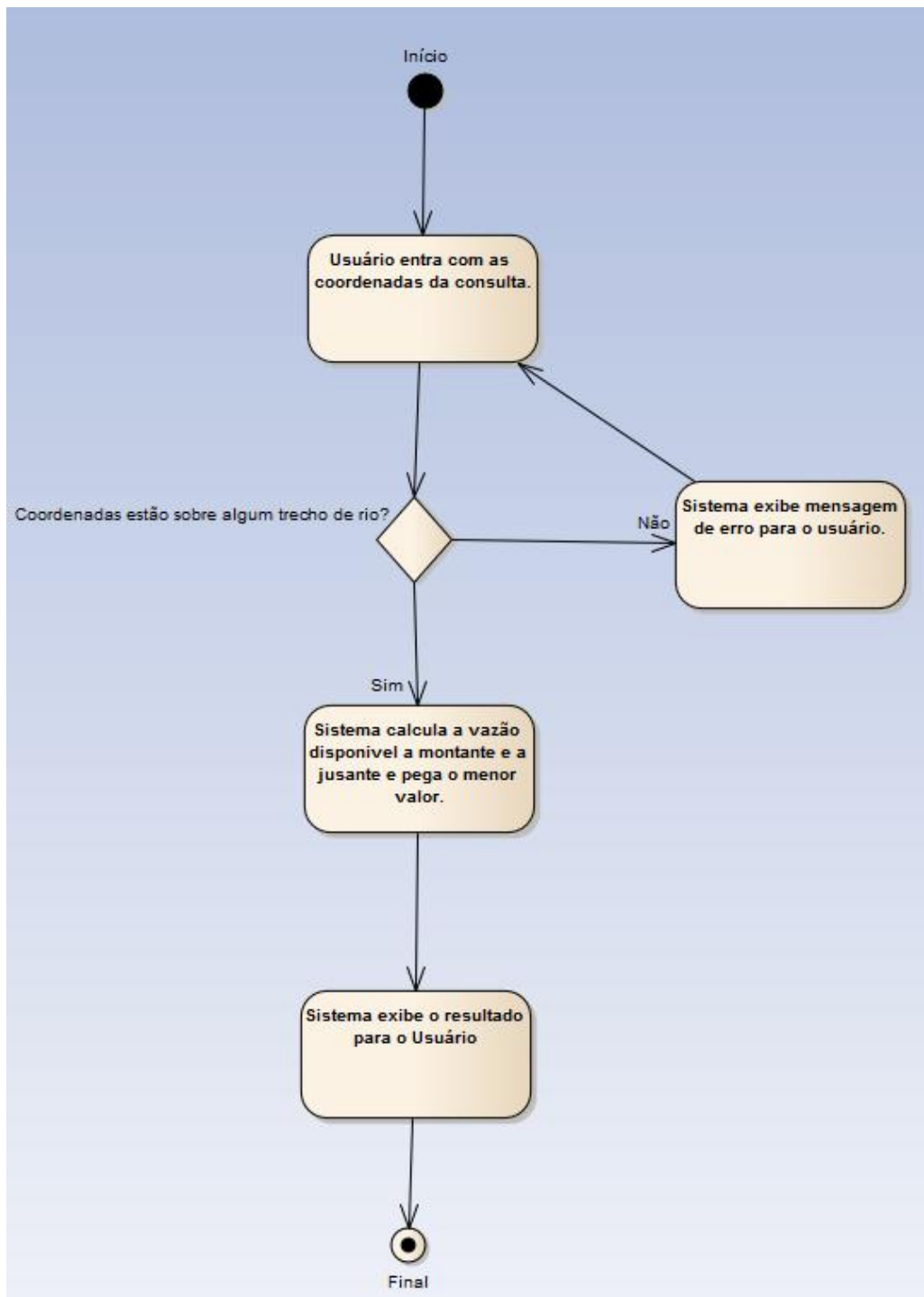


Figura 20 - Diagrama de atividades para à avaliação da disponibilidade hídrica para fins de outorga.

3.3.3. Rede (Onde)

Levando em consideração os tipos de dados a serem manipulados por um Sistema de Informação Sobre Recursos Hídricos, a localização dos usuários do sistema, e a facilidade de manutenção futura do mesmo, foi utilizado um estilo arquitetural de três camadas, onde existe: a camada de dados que deve possuir suporte ao armazenamento de dados geográficos; a camada de negócios que deve ser composta tanto por um servidor de aplicação, quanto por um servidor de mapas; e a camada de apresentação, onde o sistema pode ser acessado preferencialmente por um navegador de internet, visto que os usuários do sistema estão distribuídos em localidades distintas. Esse estilo arquitetural pode ser melhor visualizado na Figura 21.

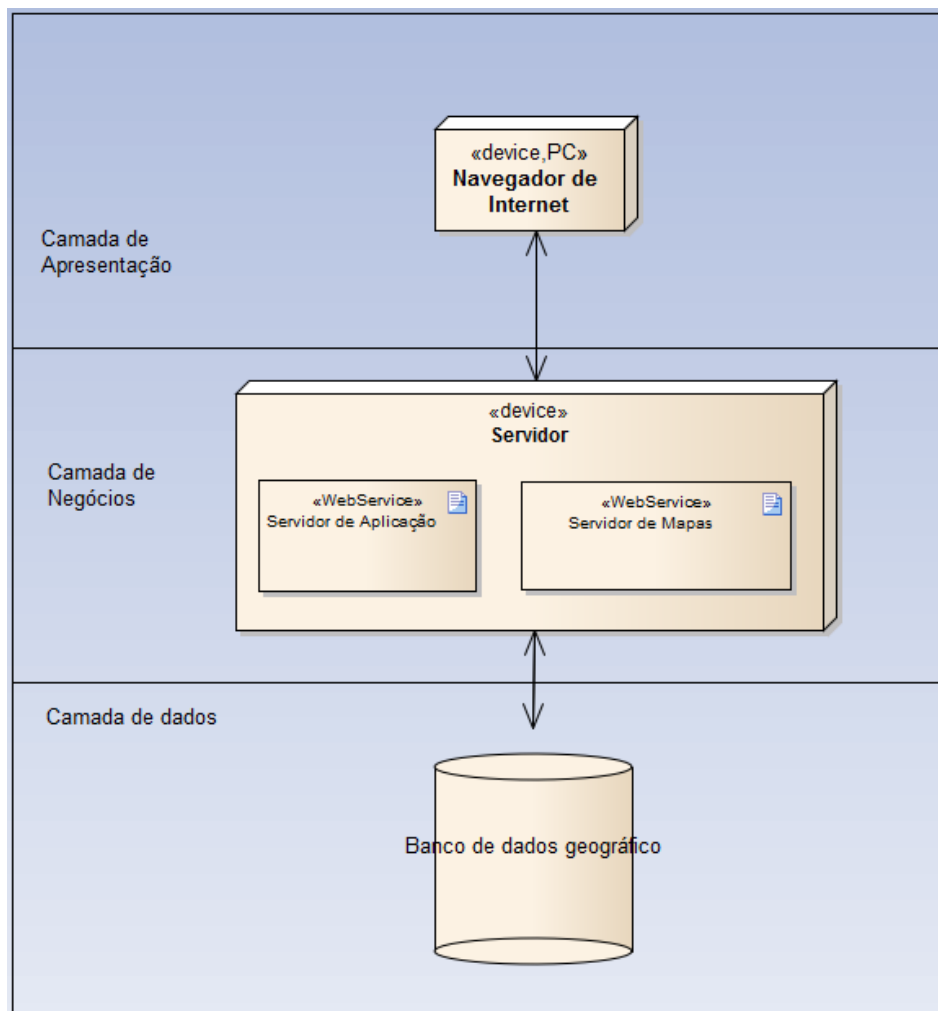


Figura 21 - Estilo arquitetural de 3 camadas.

O banco de dados geográfico deve ter capacidade de armazenamento de dados tanto tabulares quanto espaciais.

3.3.4. Pessoas (Quem)

Os atores e casos de uso para o sistema são exibidos neste campo. Os atores envolvidos são: o Analista de Processo, que é responsável pela análise dos processos de outorga cadastrados; o Requerente, que é o proprietário/responsável pelo empreendimento; o Responsável Técnico que é o responsável pelo fornecimento dos dados técnicos da outorga; o Administrador que tem a responsabilidade de cadastro e edição dos dados fornecidos pelo Requerente e Responsável Técnico; e o Usuário, que é um ator comum no sistema, que tem permissões limitadas a consultas de vazões mínimas de referência e outorgas fornecidas. Os atores envolvidos no sistema podem ser visualizados na Figura 22.

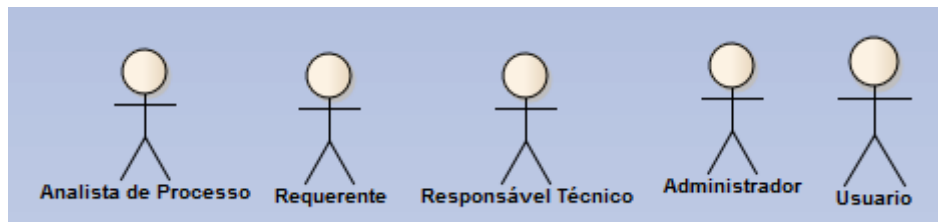


Figura 22 - Atores envolvidos no um SISRH.

Os casos de uso do sistema foram adicionados em um pacote para melhor visualização dos mesmos, como exibido na Figura 23. Uma vez que se clique com o mouse no pacote, será aberto uma outra janela com os dados detalhados, como exemplificado nas Figuras 24 e 25.

Os casos de uso principais receberam uma numeração com o prefixo UC para melhor identificação.

Primary Use Cases
+ Alterar o Status do processo
+ Cadastrar Analista Processo
+ Cadastrar Dados de Qualidade de água
+ Cadastrar Empreendimento
+ Cadastrar processo
+ Cadastrar Requerente
+ Cadastrar Responsável Técnico
+ CadastrarIntervencao
+ Editar Intervenção
+ Editar Analista Processo
+ Editar Empreendimento
+ Editar Processo
+ Editar Requerente
+ Editar Responsável Técnico
+ Pesquisar Processo
+ Pesquisar Requerente
+ Pesquisar Analista Processo
+ Pesquisar Dados de qualidade de água
+ Pesquisar Empreendimento
+ Pesquisar Intervenção
+ Pesquisar Responsável Técnico
+ Remover Analista Processo
+ Remover Empreendimento
+ Remover Processo
+ Remover Requerente
+ Remover Responsável Técnico
+ UC01 - Manter dados de Responsável Técnico
+ UC02 - Manter dados de Requerente
+ UC03 - Manter dados de Analista de Processos
+ UC04 - Manter dados de empreendimento
+ UC05 - Manter dados de Processo de Outorga
+ UC06 - Manter dados de intervenções
+ UC07 - Realizar a análise de um processo.
+ UC08 - Verificar o Status do processo.
+ UC09 - Realizar o cálculo das vazões mínimas de referência.
+ UC10 - Calcular a vazão disponível para outorga em um ponto na hidrografia
+ UC11 - Manter dados de qualidade de água
+ UC12 - Calcular vazões outorgadas
+ Visualizar mapa com hidrografia, outorgas e municípios.

Figura 23 - Casos de uso do sistema.

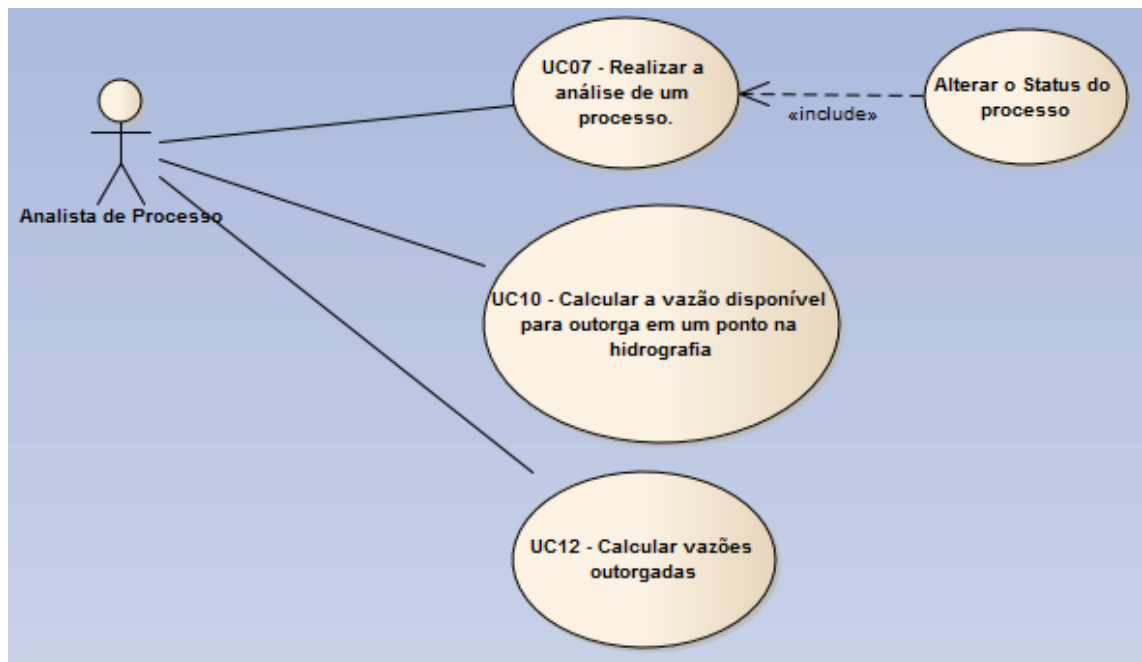


Figura 24 - Exemplos de casos de uso.

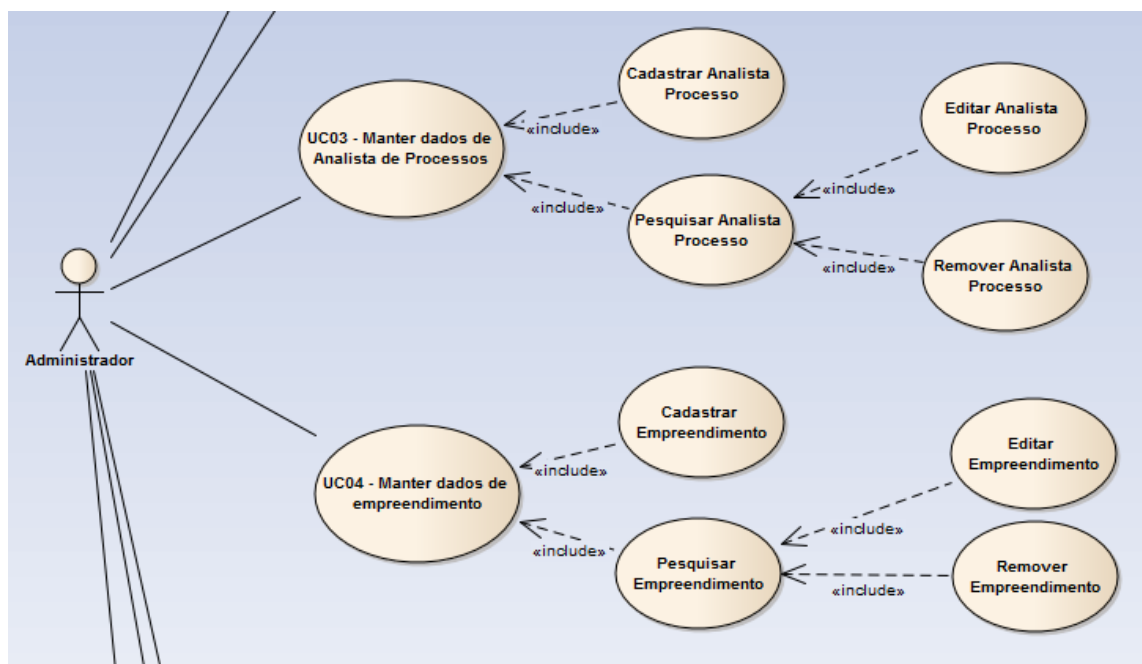


Figura 25 - Exemplos de casos de uso.

Os casos de uso descritos como “Manter”, como por exemplo o UC04 (Figura 25), incluem um conjunto de casos de uso comumente usados, como: inserir, editar, atualizar, remover e pesquisar.

3.3.5. Tempo (Quando)

A arquitetura aqui descrita é muito semelhante à exibida na perspectiva anterior, não sendo necessário descrevê-la aqui novamente.

3.3.6. Motivação (Por que)

Neste campo são descritos os requisitos básicos para um Sistema de Informação Sobre Recursos Hídricos. Tais requisitos são listados na Tabela 2.

Os códigos listados na Tabela 2 possuem um prefixo F ou NF que corresponde respectivamente a requisito funcional ou requisito não-funcional.

Tabela 2 - Requisitos básicos para um Sistema de Informação Sobre Recursos Hídricos

CÓDIGO	REQUISITO
F1	Permitir a gestão dos Responsáveis Técnicos.
F2	Permitir a gestão dos Requerentes.
F3	Permitir a gestão dos Analistas de Processo.
F4	Permitir a gestão de Processos de Outorga.
F5	Permitir a gestão de Intervenções.
NF6	Ser um sistema com velocidade rápida de resposta.
NF7	Permitir controle de usuários no sistema através de senha.
F8	Permitir a gestão de águas superficiais.
F9	Permitir a gestão de águas subterrâneas.
F10	Permitir a gestão de lançamento de efluentes.
F11	Permitir o cálculo das vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$ - Q_{90} - Q_{95}) e média (Q_{mld}) para qualquer seção de interesse da hidrografia.
F12	Permitir o cálculo da vazão disponível para outorga em um trecho de rio.
F13	Permitir a gestão de membros de comitês de bacia hidrográfica.
NF14	Permitir a visualização da bacia hidrográfica e das intervenções através de um mapa.
NF15	Permitir a inserção das coordenadas geográficas de uma intervenção de forma manual ou capturando diretamente no mapa.
NF16	O sistema deve ser acessível através da internet.
F17	Permitir a gestão de dados de qualidade de água.
F18	Manter dados de estações de monitoramento (pluviométricas e fluviométricas).
F19	Permitir o armazenamento das vistorias dos processos.
F20	Permitir a gestão de empreendimentos.
NF21	Permitir a transparência dos dados das outorgas fornecidas.
NF22	Armazenar em um arquivo as modificações feitas no banco de dados juntamente com o nome do usuário que realizou a operação.
F23	Manter dados georreferenciados sobre a bacia hidrográfica (limite, hidrografia, municípios e estados).
NF24	Permitir a descentralização da obtenção e produção de dados e informações.
NF25	Permitir a coordenação unificada dos recursos hídricos de uma bacia

	hidrográfica.
NF26	Permitir o acesso aos dados e informações a toda a sociedade.
F27	Fornecer dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos de uma bacia.
NF28	Atualizar periodicamente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos de uma bacia.

Na Tabela 3 é exibida uma matriz de rastreabilidade, de requisito funcional versus requisito funcional.

Tabela 3 - Matriz de rastreabilidade (requisito funcional vs requisito funcional)

	F1	F2	F3	F4	F5	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F17	F18	F19	F20	F23	F27
F1																	
F2																	
F3																	
F4	X	X	X												X		
F5				X													X
F8					X				X								X
F9					X												X
F10					X												X
F11																	X
F12									X								X
F13																	X
F17													X				X
F18																	X
F19			X	X													
F20		X															
F23																	
F27					X												X

4. MÉTODO DE UTILIZAÇÃO DA ARQUITETURA DESENVOLVIDA

Para se utilizar a arquitetura desenvolvida, deve-se seguir uma determinada ordem de atividades (Figura 26), que deve se iniciar no nível arquitetural “escopo” (seção 3.1), passando pelos níveis arquiteturais “modelo de negócios” (seção 3.2) e “modelo de sistema” (seção 3.3), até chegar ao nível arquitetural “modelo tecnológico” que deve ser criado pelo usuário desta arquitetura.

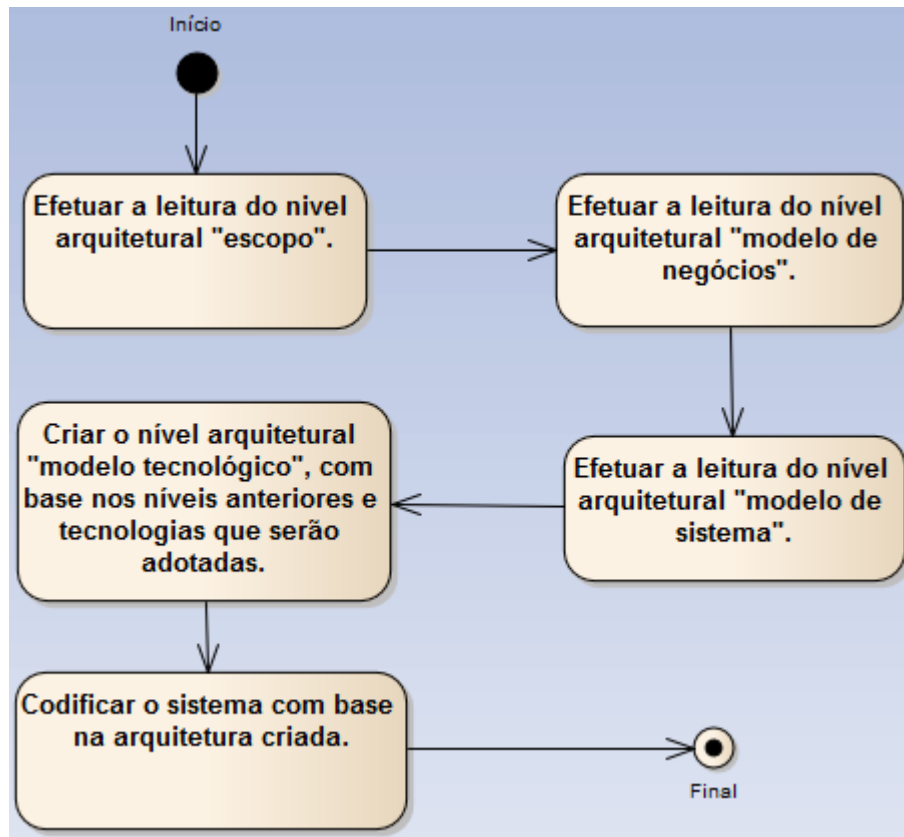


Figura 26 - Diagrama de atividades com o método de utilização da arquitetura desenvolvida.

Visto que, no desenvolvimento desta arquitetura buscamos uma maior independência tecnológica, e sabendo que o nível arquitetural “modelo tecnológico” está fortemente ligado à tecnologias específicas, optamos por deixar que esse nível seja desenvolvido pelo usuário da arquitetura. Assim ele poderá escolher entre as diversas tecnologias existentes para desenvolvimento de sistemas de informação geográfica.

Após efetuar a leitura da arquitetura desenvolvida, o usuário deverá avaliar quais serão as tecnologias que serão adotadas no desenvolvimento do sistema. O leque de tecnologias existentes é muito grande, e a escolha de uma ferramenta não adequada para o desenvolvimento do sistema pode custar alguns meses de trabalho, ou até mesmo o fracasso do projeto. Essa etapa deve ser realizada com cuidado! Na seção 5.6 são

mostradas algumas tecnologias que podem ser utilizadas para o desenvolvimento desse tipo de sistema.

Feita a seleção do ferramental que será utilizado, o usuário deverá partir para o desenvolvimento do nível arquitetural “modelo tecnológico”. Que deve começar pela customização do diagrama de classes fornecido no nível arquitetural “modelo de sistema”, para se criar um modelo de dados adequado ao Sistema Gerenciador de Banco de Dados que será utilizado. Essa parte da arquitetura deve ser adicionada a coluna “dados”, do nível arquitetural “modelo tecnológico”, contido no Framework do Zachman.

Todos os modelos que serão utilizados como exemplo nesta seção foram utilizados na construção do SINGERHnet, que será discutido na seção 5 deste trabalho.

Na Figura 27 é mostrado um exemplo de como poderiam ser exibidos as entidade e os relacionamentos que descrevem a sua base de dados. A Figura 27 mostra as entidades empreendimento e requerente com os seus relacionamentos através de chave primária e chave estrangeira.

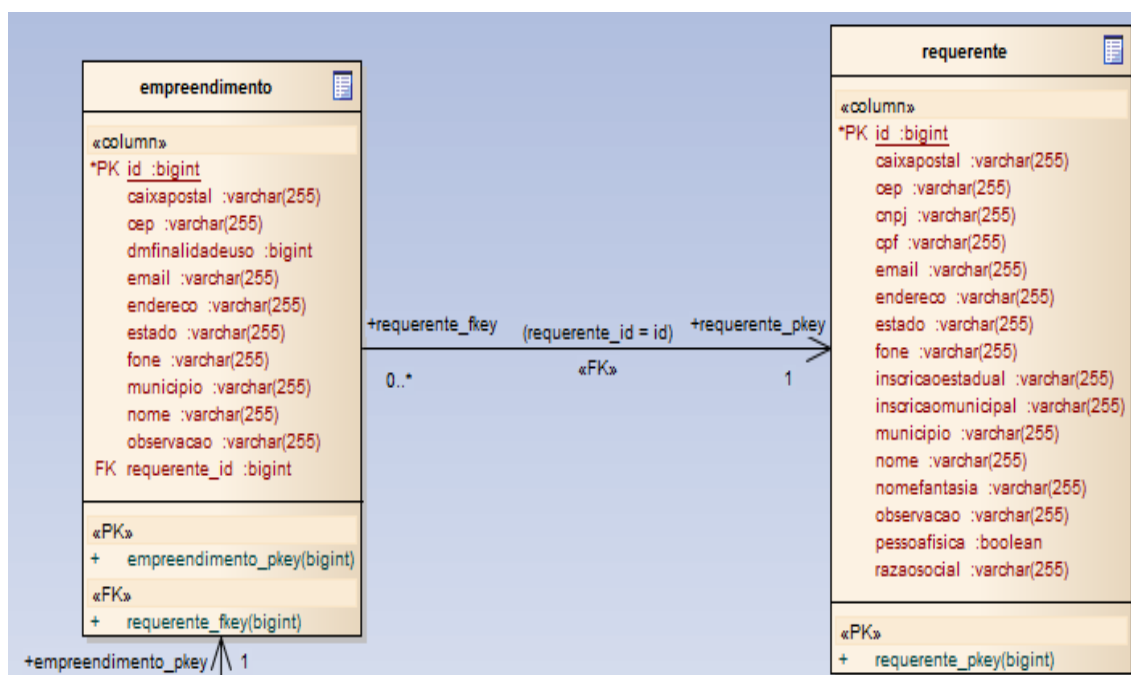


Figura 27 - Exemplo de como exibir as entidades da base de dados do sistema.

Com o banco de dados construído é necessário que se faça a inserção dos dados, que foram criados utilizando uma base de dados previamente existentes, ou criadas “do zero” utilizando Sistemas de Informação Geográfica. Um ponto chave no tratamento dos dados é o processo de regionalização de vazões e a ottocodificação da bacia hidrográfica.

O próximo passo é definir o modelo de classes para o sistema, com base na linguagem de programação que será utilizada para o desenvolvimento do software. Assim, como definir os frameworks que serão utilizados no decorrer do desenvolvimento. A Figura 28 mostra um exemplo de como podem ser agrupados as classes e os frameworks. Essa parte da arquitetura deve ser adicionada a coluna “Função”, do nível arquitetural “modelo tecnológico”, contido no Framework do Zachman.

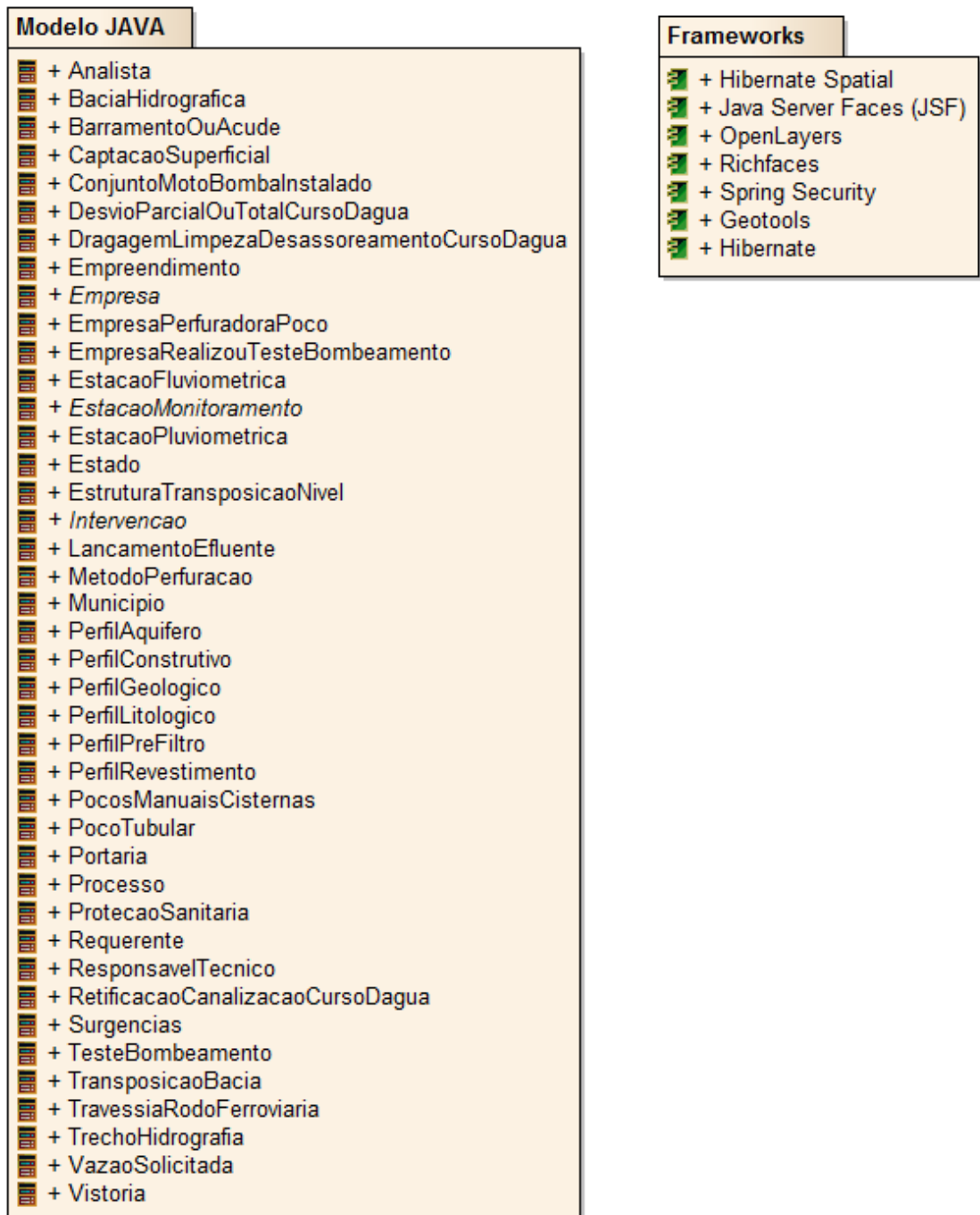


Figura 28 - Exemplo de modelo de classes.

Deve-se então definir um estilo arquitetural em três camadas, como exemplificado na Figura 29. Essa parte da arquitetura deve ser adicionada a coluna “Rede”, do nível arquitetural “modelo tecnológico”, contido no Framework do Zachman.

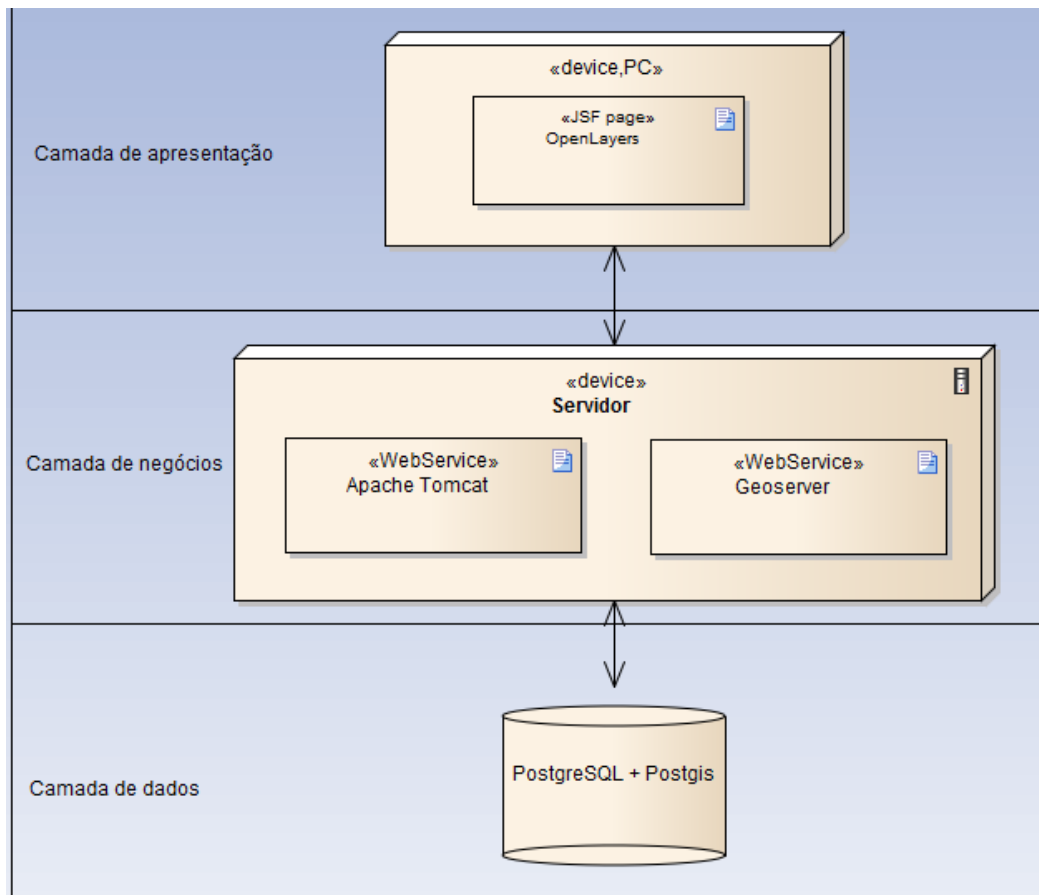


Figura 29 - Estilo arquitetural em 3 camadas com as tecnologias adotadas na construção do sistema SINGERHnet.

Tendo sido feitas as tarefas definidas anteriormente, é necessário que se crie os protótipos de interface do sistema. Somente os protótipos de interface mais relevantes para o sistema devem ser criados. Tais protótipos devem ser adicionados a coluna “Pessoas”, do nível arquitetural “modelo tecnológico”, contido no Framework do Zachman. A Figura 30 mostra um exemplo de protótipo de interface para a página de cálculo de vazões do sistema.

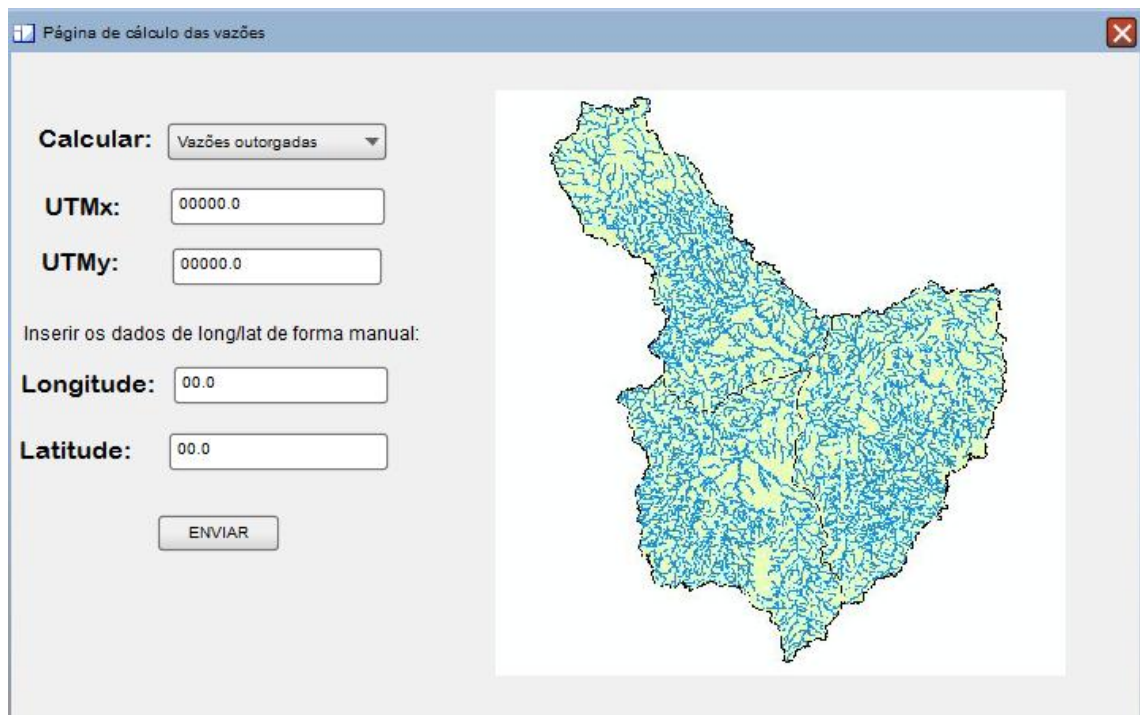


Figura 30 - Protótipo de interface para a página de cálculo de vazões.

Feito isso, passamos para a criação dos diagramas de sequência mais relevantes para o sistema. Os diagramas devem ser adicionados a coluna “Pessoas”, do nível arquitetural “modelo tecnológico”, contido no Framework do Zachman.

Para a construção do sistema pode-se utilizar qualquer metodologia de desenvolvimento de software utilizada atualmente.

No próximo capítulo será apresentado um exemplo de utilização, que foi criado com base na arquitetura descrita neste trabalho.

5. EXEMPLO: SISTEMA INTEGRADO PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS (SINGERHnet)

Visando testar a arquitetura criada neste trabalho, foi desenvolvido um Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos, denominado Sistema Integrado para a Gestão de Recursos Hídricos (SINGERHnet). O SINGERHnet foi inspirado no trabalho de Moreira (2006) e pode ser considerado uma evolução do mesmo.

Para este estudo de caso foi selecionada a bacia do rio Paracatu (Figura 31). A escolha dessa bacia deu-se, principalmente, em função das constatações do intenso desenvolvimento econômico, dos conflitos pelo uso da água existentes, e da base de dados já disponível, a qual advém do trabalho de Moreira (2006), que desenvolveu o Sistema Integrado para a Gestão de Recursos Hídricos (SINGERH), tendo sido aplicado inicialmente a esta bacia.



Figura 31 - Mapa de localização da bacia do rio Paracatu.

A bacia do rio Paracatu está situada no Médio São Francisco e drena uma área de aproximadamente 45.600 km², sendo a segunda maior sub-bacia do rio São Francisco e a principal contribuinte para a formação das vazões do rio São Francisco,

com cerca de 19,5% do volume médio escoado na sua foz (Pereira, 2004). Apesar da relativa abundância dos recursos hídricos, nesta bacia já foram observados conflitos pelo uso da água (MOREIRA, 2010).

Os dados utilizados, necessários para a construção das bases de dados e aplicação do sistema, foram: modelo digital de elevação hidrologicamente consistente; hidrografia ottocodificada; equações de regionalização de vazões pelo método Tradicional e mapa das regiões hidrologicamente homogêneas da bacia; cadastro de usuários de água da bacia; e mapas temáticos da bacia, os quais são descritos na sequência.

5.1. Modelo digital de elevação hidrologicamente consistente

Os *grids* de direção de escoamento e fluxo acumulado são dados essenciais para a execução do sistema, sendo estes gerados a partir do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC), utilizando rotinas comumente encontradas em softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).

O MDE da bacia do rio Paracatu, com resolução espacial de 50 m, foi obtido do trabalho de Moreira (2006), tendo sido gerado a partir de cinco etapas, conforme descritas por Chaves (2002), Baena (2002) e Pires et al. (2005), sendo estas: amostragem, pré-processamento dos dados de drenagem e elevação, geração do MDE, pós-processamento do MDE e validação do MDE.

5.2. Hidrografia ottocodificada

O engenheiro brasileiro Otto Pfafstetter, do extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), desenvolveu um método de subdivisão e codificação de bacias hidrográficas, utilizando dez algarismos, diretamente relacionado com a área de drenagem dos cursos d'água (PFAFSTETTER, 1989). Tal método é utilizado para obter o que chamamos de hidrografia ottocodificada.

A hidrografia ottocodificada é um dado básico na construção do sistema, tendo em vista que a partir da ottocodificação dos seguimentos da hidrografia, e relacionamento das outorgas a estes, que é possível a determinação das outorgas à montante e à jusante de uma seção de interesse.

A hidrografia da bacia do rio Paracatu foi obtida a partir de digitalização de cartas topográficas na escala de 1:250.000, conforme se apresenta na Tabela 4.

De posse da hidrografia digitalizada da bacia, obtida do trabalho de Moreira (2006), foi feito um processamento para verificar possíveis falhas e inconsistência nas conexões dos segmentos e no sentido de fluxo dos seguimentos. A ottocodificação da hidrografia processada foi feita utilizando um programa computacional desenvolvido pelo Centro de Referência em Recursos Hídricos (CRRH), que é vinculado ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), tendo sido realizado até o nível 7 de codificação.

Tabela 4 - Cartas topográficas na escala 1:250.000 utilizadas no processo de digitalização da hidrografia da bacia do rio Paracatu (MOREIRA, 2006)

Mapa índice	Carta	Editora	UF
SD-23-Y-C	Brasília	IBGE	DF/GO/MG
SE-23-V-D	João Pinheiro	IBGE	MG
SE-23-V-C	Paracatu	IBGE	GO/MG
SE-23-Y-A	Patos de Minas	IBGE	MG
SE-23-V-B	São Romão	DSG	MG
SE-23-Y-B	Três Marias	IBGE	MG
SE-23-V-A	Unai	IBGE	MG

5.3.Regionalização de vazões

A obtenção das equações de regionalização de vazões pelo método Tradicional é realizada em duas etapas, que envolvem a identificação das regiões hidrologicamente homogêneas e o ajuste de regressões múltiplas entre as vazões mínimas e média e as características físicas e climáticas das bacias de drenagem para cada região homogênea.

As regiões hidrologicamente homogêneas da bacia do rio Paracatu (Figura 32), bem como as equações de regionalização para a estimativa dos valores de $Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95} e Q_{mld} foram obtidas do trabalho de Moreira (2006) (Tabela 5).

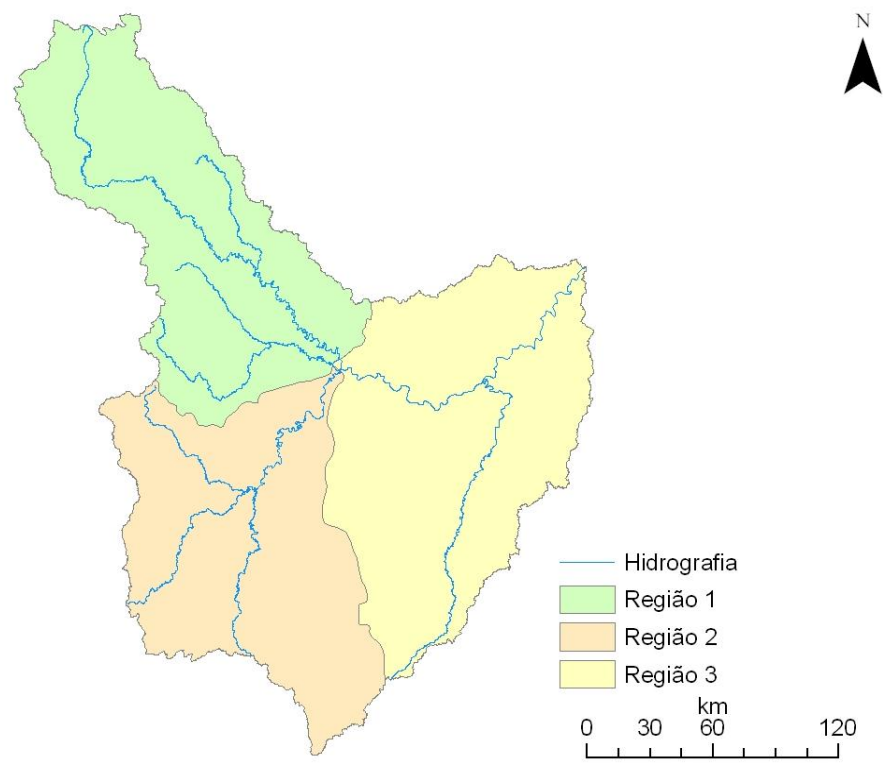


Figura 32 - Regiões hidrologicamente homogêneas da bacia do rio Paracatu. (Moreira, 2006)

Tabela 5 - Equações de regionalização de vazões pelo método Tradicional para a representação da $Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95} e Q_{mld} na bacia do rio Paracatu (MOREIRA, 2006)

Vazão	Variável associada ao parâmetro		R^2	Modelo ajustado	Parâmetros ajustados	
	β_0	β_1			β_0	β_1
Região I						
$Q_{7,10}$	Intercepto	Área	0,98479	Potencial	0,00158	1,023069
Q_{90}	Intercepto	Área	0,993739	Potencial	0,002574	1,040065
Q_{95}	Intercepto	Área	0,993704	Potencial	0,001704	1,061358
Q_{mld}	Intercepto	Área	0,987226	Potencial	0,018343	0,959935
Região II						
$Q_{7,10}$	Intercepto	Área	0,984875	Potencial	0,003597	0,903299
Q_{90}	Intercepto	Área	0,984525	Potencial	0,006273	0,921734
Q_{95}	Intercepto	Área	0,986447	Potencial	0,00576	0,905838
Q_{mld}	Intercepto	Área	0,992384	Potencial	0,021107	0,945006
Região III						
$Q_{7,10}$	Intercepto	Área	0,998319	Potencial	0,000057	1,306113
Q_{90}	Intercepto	Área	0,993941	Potencial	0,000523	1,157379
Q_{95}	Intercepto	Área	0,997268	Potencial	0,000327	1,180754
Q_{mld}	Intercepto	Área	0,996841	Potencial	0,021714	0,936452

5.4. Cadastro de usuários de água da bacia

Os dados de usuários de água da bacia do rio Paracatu foram obtidos junto ao do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Eles estavam no formato simplificado

em planilhas eletrônicas. Em razão disso foi necessária a construção de rotinas computacionais para a sua importação, para as bases de dados do SINGERHnet.

5.5. Mapas temáticos da bacia

Diversas informações espaciais da bacia do rio Paracatu, tais como estações fluviométricas e pluviométricas, municípios e sedes municipais, estradas, dentre outras, foram obtidas junto aos endereços eletrônicos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

Por se tratar de dados geográficos, um pré-processamento nestes dados foi realizado a fim de adequá-los ao sistema de coordenadas e projeção utilizado no sistema. Neste trabalho foi utilizado Datum Corrego Alegre/UTM zona 23S.

5.6. Implementação do sistema

Na implementação do sistema foram utilizadas tecnologias *Open Source* ou gratuitas, pensando diretamente no princípio da economicidade do direito administrativo. Existem atualmente diversas soluções livres, de acordo com a camada do sistema, para o desenvolvimento de aplicações geográficas para web. Dentre elas, discriminadas por camadas, estão:

- Apresentação: OpenLayers, Kamap, Mapbender, MapBuilder e I3GEO;
- Aplicação: MapServer, GeoServer, Deegree, TerraPHP e CartoWeb; e
- Serviços de dados: PostgreSQL + PostGIS, MySQL + MyGIS, IBM DB2 Express-C + DB2 e Spatial Extender.

A escolha das tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema se deu a partir da análise das documentações das diversas soluções livres. Buscou-se, ainda, através de fóruns de desenvolvedores na internet, verificar as tecnologias que são efetivamente utilizadas no desenvolvimento de aplicações baseadas em sistemas de informações geográficas na internet.

Assim, foram escolhidas as seguintes tecnologias: OpenLayers na camada de apresentação; Geoserver e Apache Tomcat na camada de negócios; e PostgreSQL com sua extensão Postgis. Tais tecnologias podem ser melhor visualizadas na Figura 29.

No desenvolvimento das rotinas computacionais do sistema foram utilizadas diversas tecnologias, e ambientes de desenvolvimento que auxiliam no desenvolvimento

de sistemas para internet. Dentre elas podemos citar: Java; Java Server Faces (JSF); RichFaces; Hibernate; Hipernate Spatial; XHTML; JavaScript; Geotools; e Spring Security. Adicionalmente foi utilizado a IDE (*Integrated Development Environment*) Netbeans para auxiliar no desenvolvimento do sistema.

5.7.SINGERHnet

O sistema desenvolvido visando otimizar o processo de gestão dos recursos hídricos ao permitir estimar a disponibilidade hídrica para qualquer seção ao longo da rede hidrográfica de uma bacia; quantificar as vazões superficiais outorgadas e as disponíveis para fins de outorga; verificar regiões com existência de conflitos pelo uso da água; realizar o pedido e analisar um processo de outorga; descentralizar a obtenção e produção de dados e informações relativas à bacia; e disponibilizar dados e informações à sociedade, foi denominado Sistema Integrado para a Gestão de Recursos Hídricos (SINGERHnet).

Na Figura 33 apresenta-se a página principal do SINGERHnet, constando o seu nome, menu principal, apresentação, o grupo responsável e as instituições envolvidas em seu desenvolvimento, e os órgãos de fomento à pesquisa que contribuíram financeiramente para o desenvolvimento do sistema.



Figura 33 - Página inicial do SINGERHnet.

Na seqüência descreve-se as funcionalidades do sistema desenvolvido.

5.7.1. Vazões

Na Figura 34 apresenta-se a página referente ao menu “Vazões”, sendo esta utilizada para a identificação, por parte do usuário, da seção de interesse. Nesta página, o usuário escolhe a seção de interesse a partir do clique do mouse sobre a seção de interesse no mapa georreferenciado da bacia.

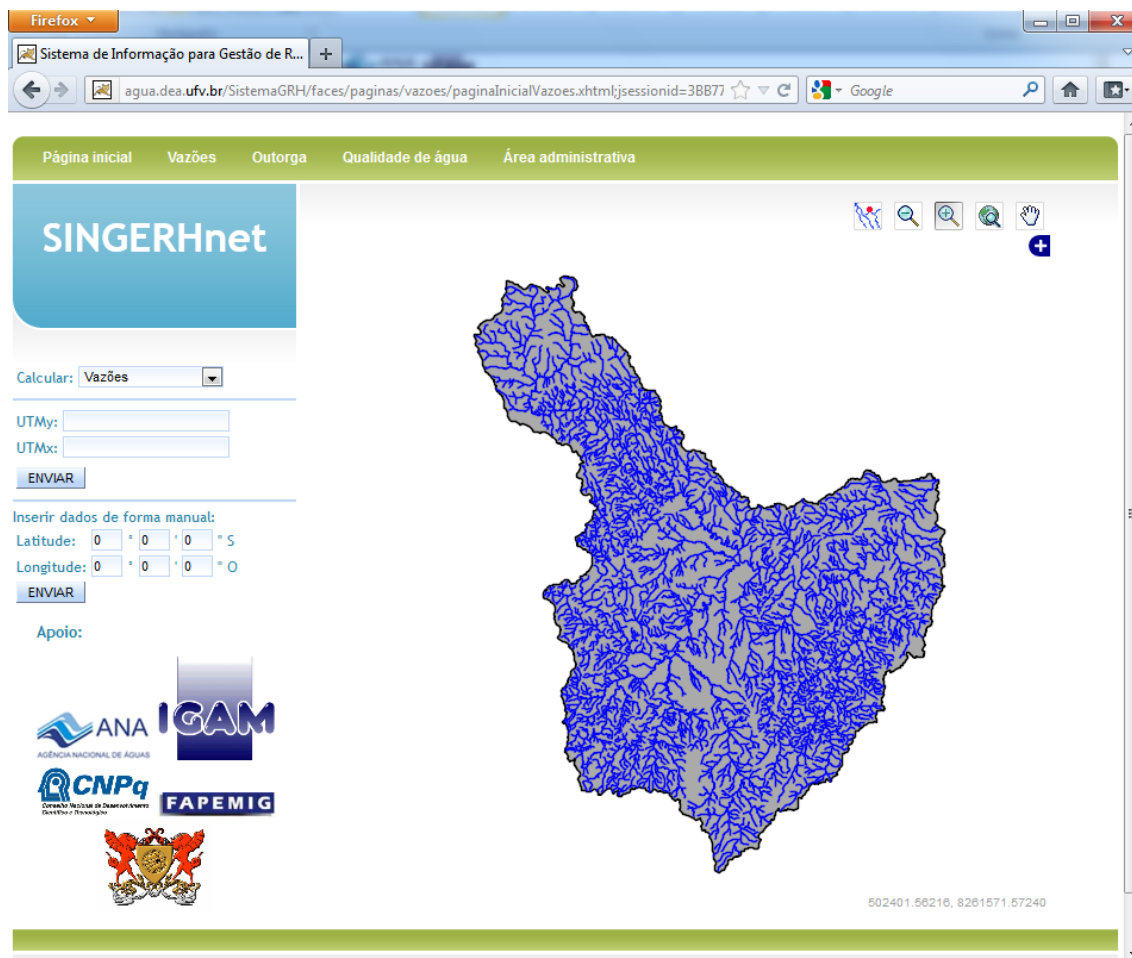


Figura 34 - Página referente ao menu "Vazões" do SINGERHnet.

A Figura 35 exibe com mais detalhes as principais funcionalidades da página referente ao menu “Vazões”. Cada uma das 3 partes destacadas da Figura 35, tem uma função específica, que são mostradas abaixo.

Para a manipulação do mapa principal são disponibilizadas ferramentas comumente encontradas em softwares de SIGs (Figura 35, parte 1), sendo estas:



Cursor: utilizada para definir a seção de interesse;



Zoom -: permite diminuir a escala da região selecionada;



Zoom +: permite aumentar a escala da região selecionada;



Full Extend: permite visualizar toda a extensão dos temas visíveis; e



Pan: permite movimentar o mapa.

O mapa principal contém uma série de *layers* que podem ser habilitadas e desabilitadas pelo usuário do sistema. As layers disponíveis podem ser visualizadas na Figura 35 (parte 2).

Após o usuário do sistema selecionar a seção de interesse no mapa, as coordenadas selecionadas serão exibidas na tela (Figura 35, parte 3), e assim, o usuário poderá selecionar uma das três funcionalidades disponíveis, que são: cálculo das vazões mínimas de referência; cálculo das vazões outorgadas; e cálculo das vazões disponíveis.

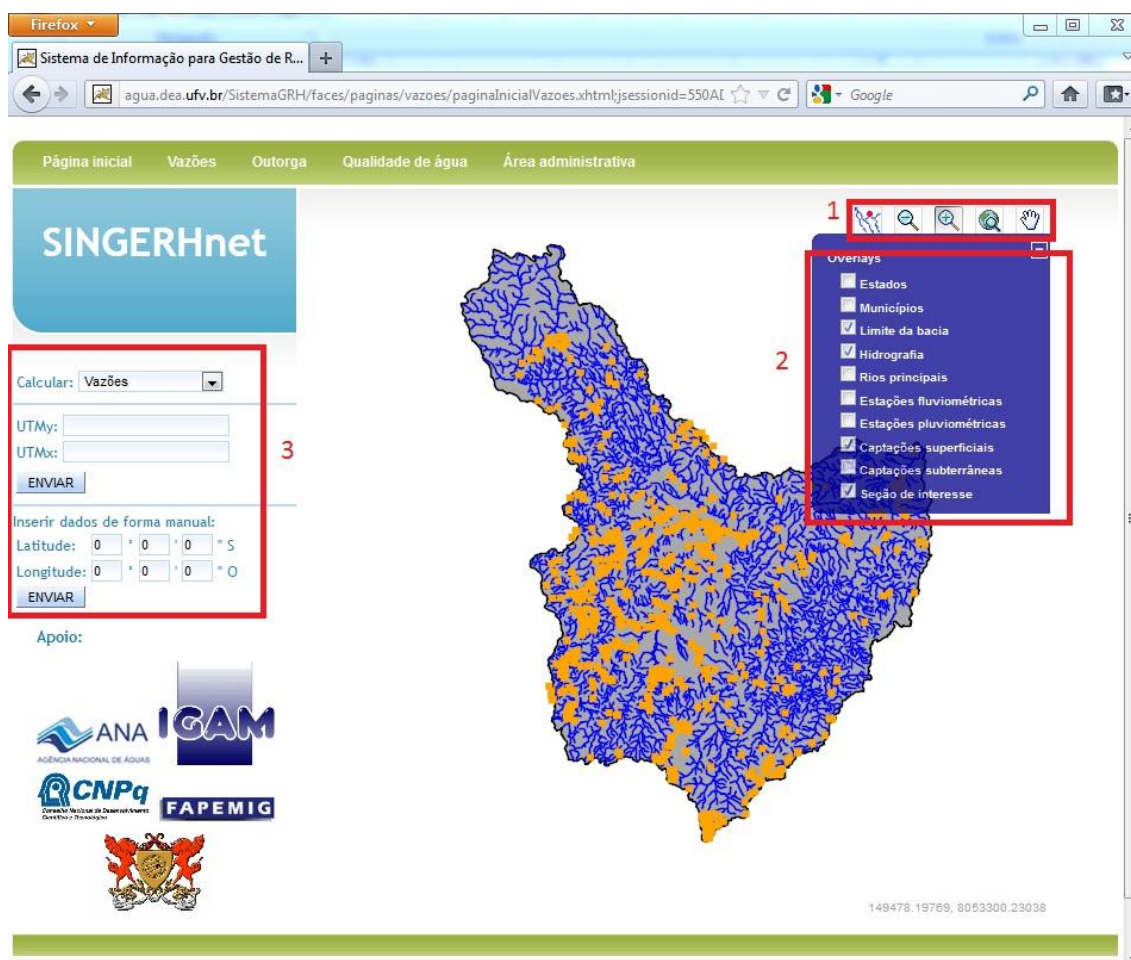


Figura 35 - Principais funcionalidades da página referente ao menu "Vazões".

Para o cálculo das vazões mínimas de referência, o usuário seleciona a seção de interesse e clica com o mouse no botão “ENVIAR” (Figura 35, parte 3). Os dados serão calculados e o resultado será mostrado na tela, como exemplificado na Figura 36.

The screenshot shows a web browser window with the following content:

- Navigation Menu:** Página inicial, Vazões, Outorga, Qualidade de água, Relatórios, Área administrativa.
- Logo:** SINGERHnet
- Realização:** CRRH logo.
- Apoio:** ANA, IGAM, CNPq, FAPEMIG logos.
- Report Title:** Vazões mínimas de referência e média de longa duração
- Coordinates:** Longitude: -45,6492 UTM x: 430931,9653; Latitude: -17,0458 UTM y: 8115268,5335
- Location:** Município: Brasiândia de Minas; UF: Minas Gerais
- Drainage Area:** Área de drenagem: 148,25 km²
- Flow Data Table:**

$Q_{7,10}$	0,04 m ³ /s
Q_{90}	0,17 m ³ /s
Q_{95}	0,12 m ³ /s
$Q_{méd}$	2,34 m ³ /s
- Action:** VOLTAR button.

Figura 36 - Página de relatório de vazões mínimas de referência.

Para efetuar o cálculo das vazões outorgadas e das vazões disponíveis, o usuário seleciona a seção de interesse (Figura 35), seleciona a funcionalidade “Vazões outorgadas” ou “Vazões disponíveis” e clicar com o mouse no botão “ENVIAR”. O usuário será direcionado para uma nova página onde ele deverá selecionar um intervalo de anos, para que o cálculo seja efetuado (Figura 37).



Figura 37 - Página de seleção do intervalo de anos para a operação de cálculo de vazões outorgadas e disponíveis.

Uma vez feita a seleção do intervalo de anos para a operação, o usuário pode efetuar os cálculos dos dados. Se o cálculo for das vazões outorgadas, será retornada uma página de relatório, contendo as vazões outorgadas à montante e a jusante da seção de interesse, para um determinado intervalo de anos (Figura 38). Caso o cálculo seja das vazões disponíveis, será retornada uma página de relatório contendo as vazões disponíveis para outorga, no intervalo de anos selecionado (Figura 39).



Figura 38 - Página de relatório de vazões outorgadas.



Figura 39 - Página de relatório de vazões disponíveis.

As três funcionalidades descritas anteriormente auxiliam na decisão do Analista de Outorga de deferir ou não um processo aberto.

5.7.2. Outorga

O menu “Outorga” do sistema contém uma série de funcionalidades de cadastro, edição e consulta de entidades que estão relacionadas com a gestão do processo de outorga. Dentre elas temos: cadastro de processos; requerentes; empreendimentos; analistas; responsáveis técnicos; e intervenções. A página inicial do menu “Outorga” pode ser visualizada na Figura 40.

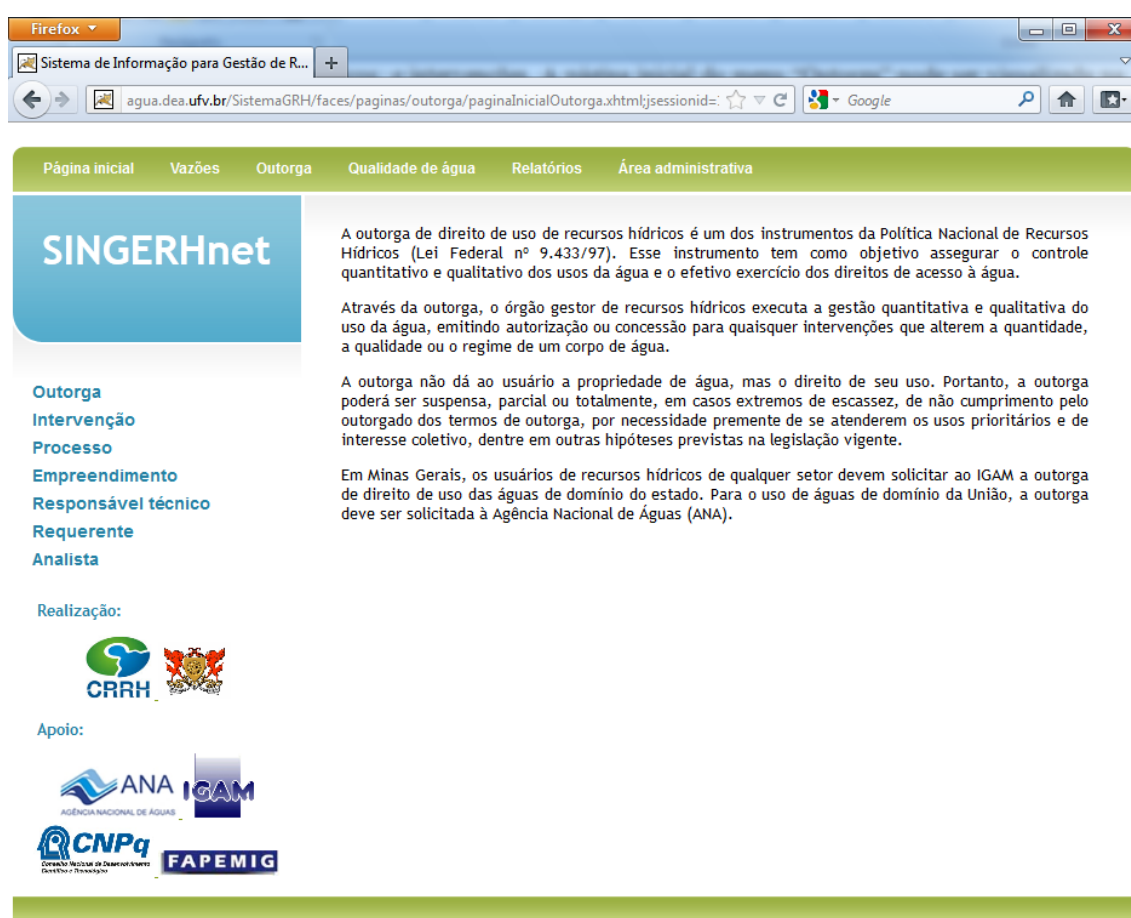


Figura 40 - Página inicial do menu "Outorga" do SINGERHnet.

Para o cadastro de um novo processo é necessário que já tenha sido cadastrado um empreendimento, responsável técnico, requerente e analista. O cadastro de um novo processo é feito em quatro etapas, seleciona-se um dos empreendimentos cadastrados (Figura 41), um analista, e um responsável técnico, e por fim deve ser preenchido um formulário com uma série de informações referentes ao processo (Figura 42).

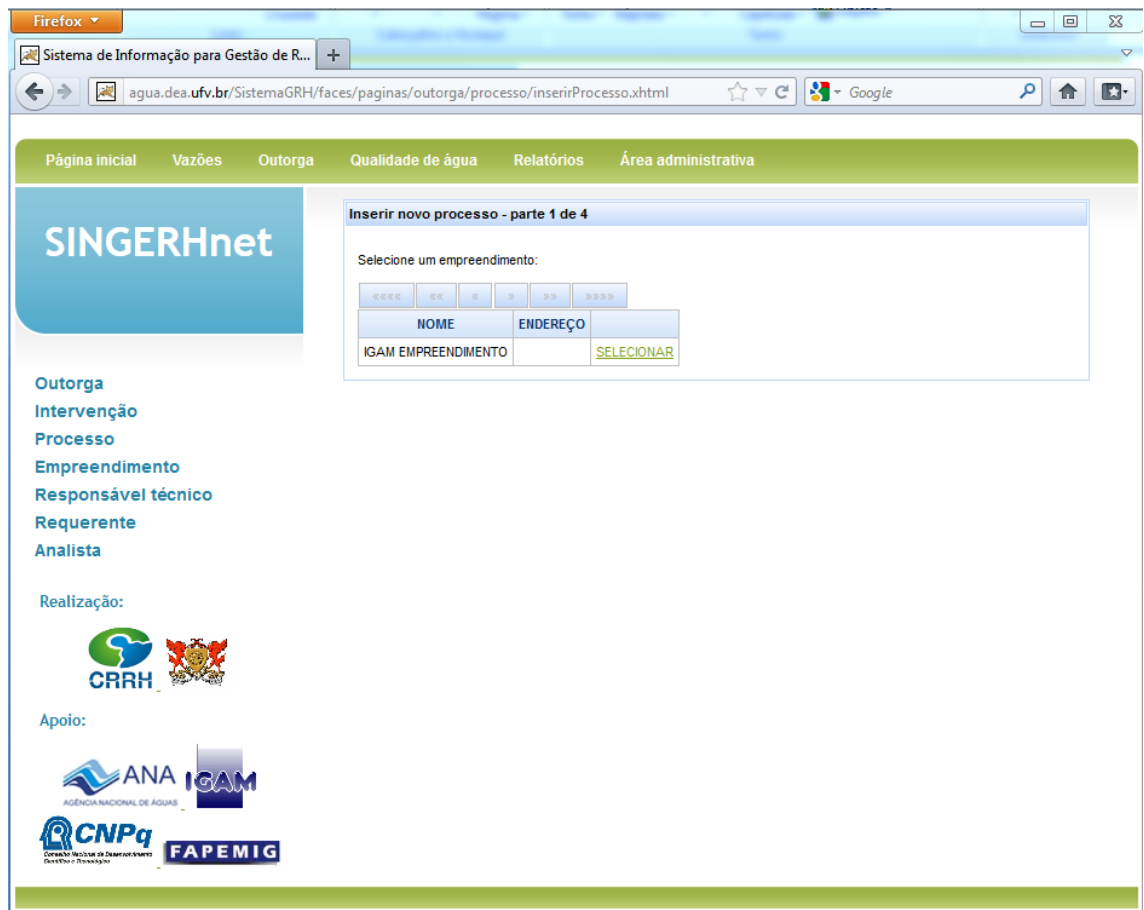


Figura 41 - Página de cadastro de processos – seleção de empreendimento.

The screenshot shows a web browser window with the URL `agua.dea.ufv.br/SistemaGRH/faces/paginas/outorga/processo/inserirProcesso_2.xhtml`. The page title is "Sistema de Informação para Gestão de R...". The navigation menu includes "Página inicial", "Vazões", "Outorga", "Qualidade de água", "Relatórios", and "Área administrativa". The main content area is titled "Inserir novo processo - parte 4 de 4".

On the left sidebar, there is a logo for "SINGERHnet" and a list of menu items: "Outorga", "Intervenção", "Processo", "Empreendimento", "Responsável técnico", "Requerente", and "Analista". Below this, there is a section for "Realização:" with the CRRH logo, and a section for "Apoio:" with logos for ANA, ICAM, CNPq, and FAPEMIG.

The main form contains the following fields:

- Número do processo:
- Ano do processo:
- Número da portaria:
- Ano da portaria:
- Data de início: (with a calendar icon)
- Validade:
- Modalidade:
- Uso dos recursos hídricos:
- Observação:

A "SALVAR" button is located at the bottom of the form.

Figura 42 - Página de cadastro de processos – formulário dos dados do processo.

Após o cadastro do processo ser concluído é possível efetuar o cadastro das intervenções referentes ao processo. O cadastro de um processo é feito em duas etapas, primeiro o usuário seleciona o tipo de intervenção que deseja cadastrar (Figura 43), e depois preenche os dados referentes àquela intervenção. Para o caso de um cadastro de captação superficial e lançamento de efluentes serão solicitados os dados de vazão de captação e lançamento respectivamente. Os dados solicitados para captação superficial são exibidos na Figura 44.

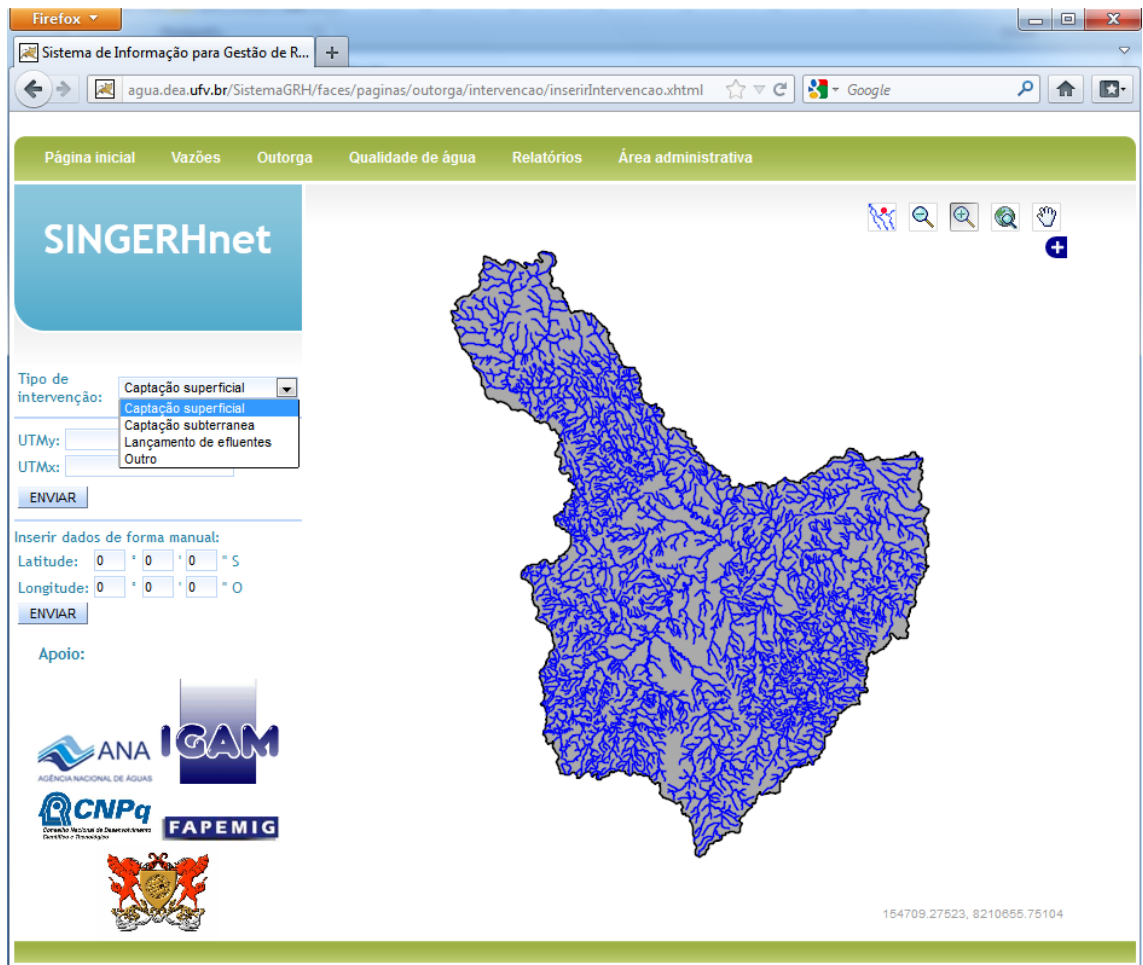


Figura 43 - Página de cadastro de intervenções.

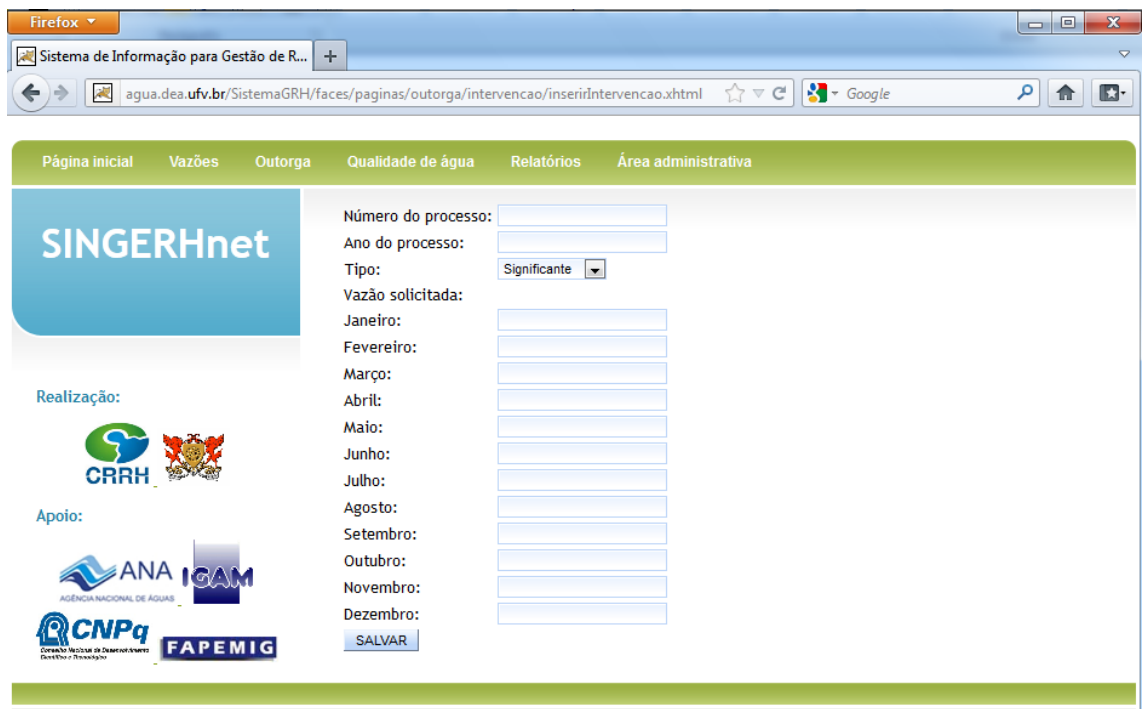


Figura 44 - Página de cadastro de intervenções - captação superficial.

5.7.3. Qualidade de água

A Figura 45 exibe a página inicial referente ao menu “Qualidade de água” onde é possível efetuar o cadastro de dados que auxiliam a gestão da qualidade da água na bacia.

Os dados de qualidade de água estão relacionados diretamente aos pontos de monitoramento na bacia. Assim sendo, para inserir um dado de qualidade de água é necessário primeiro seleciona um ponto de monitoramento (Figura 46), e posteriormente inserir os dados parâmetros de indicação de qualidade de água (Figura 47).



Figura 45 - Página inicial referente ao menu "Qualidade de água".



Figura 46 - Página de cadastro de qualidade de água – seleção do ponto de monitoramento.

Figura 47 - Página de cadastro de qualidade de água – inserção dos parâmetros.

5.7.4. Relatórios

Nesta seção do SINGERHnet serão adicionadas a parte de relatórios do sistema. Inicialmente temos apenas um tipo de relatório, que é a de outorgas a montante e a jusante de uma seção de interesse. Mas posteriormente podem ser adicionados outros tipos de relatórios.

Para a emissão do relatório referente às outorgas a montante e a jusante de uma seção de interesse, é necessário selecionar primeiro no mapa as coordenadas da pesquisa e o intervalo de anos da pesquisa, feito isso os dados serão calculados e posteriormente exibidos na tela, como exemplificado na Figura 48.



Figura 48 - Página de relatório de outorgas a montante e jusante de uma seção de interesse.

5.7.5. Área administrativa

Nesta parte do sistema está concentrado as funcionalidade de gerência do SINGERHnet, como por exemplo, gerência de usuários, gerência de notícias, e atualização das variáveis das equações de regionalização.

6. CONCLUSÃO

Com base no trabalho aqui descrito, foi possível concluir que os objetivos listados para o projeto foram concluídos com sucesso. A Arquitetura para Sistemas de Informações sobre Recursos Hídricos (SISRH) foi criada de forma que possa ser expandida no futuro, adicionando novas funcionalidades aos sistemas criados a partir dela. A arquitetura criada engloba de forma geral os principais pontos relacionados à gestão de recursos hídricos no país. Uma análise preliminar feita por membros do Centro de Referência em Recursos Hídricos (UFV) concluiu que o sistema criado com base na arquitetura contribui para a adequada gestão básica dos recursos hídricos na bacia do rio Paracatu.

Os órgãos gestores de recursos hídricos terão de agora em diante uma base para se construir os seus sistemas de informação sobre recursos hídricos. Eles não precisaram mais começar do zero a construção dos seus sistemas. Poderão utilizar essa arquitetura sem nenhum custo adicional para os cofres públicos.

A utilização de um framework para auxiliar a construção da arquitetura, foi muito benéfico, porque com o uso do framework conseguimos cobrir todas as perspectivas do negócio. A utilização do framework do Zachman também foi benéfica no sentido de que, conseguimos juntar todas as partes que compõe a arquitetura em um único lugar. Desta forma fica mais simples a leitura e utilização da arquitetura desenvolvida.

Mas apesar do framework do Zachman ter contribuído muito para a construção da arquitetura, ele se mostrou muito aberto, no sentido que se pode colocar uma gama de artefatos muito variados nas diversas posições do quadro descritivo. O framework do Zachman deixa nas mãos do arquiteto, o que colocar em cada uma das posições do framework. Isso pode fazer com que o arquiteto deixe de adicionar um artefato importante, ou adicione o artefato em uma posição que não seja a mais apropriada, ou até mesmo, sobrecarregue a sua arquitetura com artefatos que não são necessários.

A arquitetura foi criada de forma que possa ser expandida. Pensando nisso, como proposta de trabalhos futuros, seria interessante que fosse adicionado um módulo para gerência de comitês de bacia hidrográfica, e um módulo para gestão de cobranças pelo uso da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBLER, S. W.. **The Object Primer: Agile Model-Driven Development with UML 2.0**. 3ª ed, 2004.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil; Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos – Snirh no Brasil: arquitetura computacional e sistêmica**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2009.

_____. **Visão geral sobre o SNIRH e processos geoespaciais relacionados**. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Brasília – DF, 24p. 2007.

_____. **Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no país – Diretrizes e prioridades**. Superintendência de outorga e cobrança. Brasília - DF, maio de 2005.

BAENA, L. G. N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

BASS, L.; CLEMENTS, P.; KAZMAN, R.. **Software Architecture in Practice**, 2ª ed., Boston: Addison-Wesley. 2003.

BRASIL, Política Nacional de Recursos Hídricos. **Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000**. Brasília – DF. 2000.

_____. **Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. [S. l.]: MMA/ SRH, 1997.

CÂMARA, G., CASANOVA, M., HEMERLY, A., MAGALHÃES, G., MEDEIROS, C. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996.

CATALUNHA, M. J. **Sistema integrado em rede para gestão do uso múltiplo da água e regionalização da Q7,10 para os períodos mensal, bimestral, trimestral e**

anual. Viçosa, MG: UFV, 2004. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CHAVES, M. A. **Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a bacia Amazônica**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 115 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DANTU, B.; SMITH, E.. **Medical Process Modeling with a Hybrid System Dynamics Zachman Framework**. Procedia Computer Science, 6, 76-81. doi:10.1016/j.procs.2011.08.016. 2011.

DOD - U.S. Department Of Defense. **Technical Architecture Framework For Information Management (TAFIM)**. Volumes 1-8, Version 2.0. Reston, VA: DISA Center for Architecture, 1994.

EELES, Peter; CRIPPS, Peter. **The Process of Software Architecting**. Addison-Wesley Professional. 1 edition. July 24, 2009.

ELETRONBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro, 1985. 202p.

ERL, Thomas. **Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design**. Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA. 2005.

FATOLAH, A.; SHAMS, F.. **An investigation into applying UML to the Zachman framework**. Information Systems Frontiers, 8(2), 133-143. doi:10.1007/s10796-006-7977-8. 2006.

FEA – Federal Enterprise Architecture. **Consolidated Reference Model Document Version 2.3**. Office of Management and Budget's. 2007.

FRANKEL, D. S.; HARMON, P.; MUKERJI, J.; et al.. **The Zachman Framework and the OMG's Model Driven Architecture**. Business Process Trends, 1-14. 2003

GARLAN , D.; SHAW, M. (1994). **An introduction to software architecture**. Advances in Software Engineering and Knowledge Engineering, (January), Volume I. 1994.

GONA, R.; SMITH, E.. **Enterprise Transformation through Aspects and Levels: Zachman Bayesian Approach**. Procedia Computer Science, 6, 82-87. doi:10.1016/j.procs.2011.08.017. 2011.

JAMES, Greta A.; HANDLER, Robert A.; LAPKIN, Anne; GALL, Nicholas. **Gartner Enterprise Architecture Framework: Evolution 2005**. Gartner ID: G00130855. October 25, 2005.

HARRISON, Rachel. **TOGAF Version 9 Certified Study Guide**. The Open Group. 1ª ed.. 2010.

IEEE 1471 2000. **IEEE Recommended Practice for Architectural Description for Software-Intensive Systems**. IEEE Computer Society. 2000.

KRUCHTEN, Philippe. **The Rational Unified Process: An Introduction**. 2ª ed., Reading, ME: Addison-Wesley. 2000.

KRUCHTEN, Philippe. **The '4+1' View Model of Software Architecture**. IEEE Software 12:6. 1995.

MACGOVERN, James; AMBER, Scott A.; STEVENS, Michael E.; et al. **A Practical Guide to Enterprise Architecture**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. 2004.

MALAN, Ruth.; BREDEMEYER, Dana. **Software Architecture Action Guide**. Bredemeyer Consulting. 2005.

MARQUES, Felipe de Azevedo. **Sistema de controle dinâmico para a gestão dos usos múltiplos da água**. Viçosa, MG: UFV. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. 2010.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília - DF, MMA, 2006.

_____. **SISAGUA, Sistemas de apoio ao gerenciamento de usuários de água**. Brasília – DF, dezembro de 2000.

MOREIRA, Michel Castro. **Gestão e planejamento dos recursos hídricos: regionalização de vazões e proposição de índices para identificação de conflitos pelo uso da água**. Viçosa, MG: UFV. 2010. 85f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

MOREIRA, Michel Castro ; PRUSKI, Fernando Falco ; SILVA, André Luiz da ; SILVA, Demetrius David ; SILVA, José Márcio Alves da . **SINGERH: sistema integrado para a gestão de recursos hídricos**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo, SP. Gestão de recursos hídricos, integração de políticas e sustentabilidade do meio ambiente urbano, 2007.

MOREIRA, M. C. **Gestão de recursos hídricos: sistema integrado para otimização da outorga de uso da água**. Viçosa, MG: UFV. 2006. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

PEREIRA, S. B. **Evaporação no lago de Sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco**. Viçosa, MG: UFV. 2004. 105 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, C.M.; SOUSA, P.. **A method to define an Enterprise Architecture using the Zachman framework**. Proceedings of the 2004 ACM symposium on Applied Computing. Nicosia, Cyprus. 2004.

PFAFSTETTER, O. **Classificação de Bacias Hidrográficas – Metodologia de Codificação**. Rio de Janeiro, RJ: DNOS, 1989. p.19.

PIRES, J. M.; NASCIMENTO, M. C.; SANTANA, R. M.; RIBEIRO, C. A. A. S. **Análise da exatidão de diferentes métodos de interpolação para geração de modelos digitais de elevação e obtenção de características morfométricas em bacias hidrográficas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 10, n. 2, 2005.

RACHURI, S.; SARKAR, P.; NARAYANAN, A.; LEE, J. H.; WITHERELL. **Towards a Methodology for Analyzing Sustainability Standards using the Zachman Framework**. 18th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Germany, May 2nd - 4th, 2011.

ROZANSKI, Nick; WOODS, Eoin. **Software Systems Architecture: Working with Stakeholders Using Viewpoints and Perspectives**. Upper Saddle River – NJ. Addison-Wesley. 2005.

SANTA CATARINA. **Coletânea de Legislação de Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina**. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável – SDS. 2ª edição, 2008.

SCHARDONG, André. **Aplicação de algoritmos evolucionários à gestão integrada de sistemas de recursos hídricos**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SEMA/MT, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Contratação de Serviços de Consultoria para Determinação da Disponibilidade Hídrica e Elaboração de Ferramenta Computacional para Implantação e Operacionalização das Atividades de Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos no Estado de Mato Grosso**. Termos de Referência. Cuiabá, 2007.

SERLA, Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas. **Implementação do Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro**. Tomada de preços N°13/2007. Rio de Janeiro, 2007.

SESSIONS, Roger. **A comparison of the top four enterprise-architecture methodologies**. ObjectWatch. 2007.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. ANEEL/ANA, Brasília. 2001. 328p.

SILVA, L. M. C.; MONTEIRO, R. A. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: uma das possíveis abordagens**. In: MACHADO, C. J. S. *Gestão das águas doces*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p. 135-178.

SILVA, D. D.. **Fortalecimento do sistema de gestão de recursos hídricos no Brasil e na Bacia do Rio Doce**. Programa de Capacitação e Difusão Tecnológica para Gestão das Águas. Viçosa-MG, Ed. UFV, 2010.

SILVA, A. J.; BRAGA, J. L.; SILVA, D. D.; MOREIRA, M. C.. **Uma arquitetura para sistemas de informação sobre recursos hídricos**. In: XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2011, Cuiabá-MT. XL CONBEA: Geração de Tecnologias Inovadoras e o Desenvolvimento do Cerrado Brasileiro, 2011.

SOUSA, F. M. L.; NETO V. S. C.; PACHECO W. E.; BARBOSA S. A. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos: sistematização conceitual e modelagem funcional**. In: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande - MS, 2009.

SOUZA, L. M. S.; FARIAS, O. L. M. de Faria. **Sistema de Informações Geográficas para Gerenciamento de Recursos Hídricos em Unidades de Conservação Utilizando a Estrutura de Dados Geográficos Vetoriais – EDGV**. Revista Brasileira de Cartografia Nº 63/01, ISSN 0560-4613, 2010.

SPARX SYSTEMS. **Software Enterprise Architect**. Disponível em: <<http://www.sparxsystems.com/>> . Último acesso em 24 de janeiro de 2012.

VILELLA, W. M. da Cunha. **Desafios e Experiências de Implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Manaus: I Workshop de Recursos Hídricos no Estado do Amazonas, MMA/SRH, 2004.

ZACHMAN, J. A.. **The Zachman Framework: The Official Concise Definition**. Zachman International. 2008. Disponível em: <<http://www.zachmaninternational.com/index.php/home-article/13#maincol>> . Último acesso em: 24 de janeiro de 2012.

_____. **Concepts of Framework for Enterprise Architecture**. Zachman International. Los Angeles: CA (1996).

_____. **A framework for information systems architecture**. IBM systems journal, 26(3), 276–292. IBM. 1987.

APÊNDICE A

Os valores abaixo listados foram retirados de tabelas de apoio do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

Tabela 1 - Domínio de variáveis: Modalidade de Outorga

Modalidade de Outorga	
<i>Autorização</i>	Quando obras, serviços ou atividades forem desenvolvidas por pessoa física ou jurídica de direito privado e quando não se destinarem a finalidade de utilidade pública.
<i>Concessão</i>	Quando obras, serviços ou atividades forem desenvolvidas por pessoa jurídica de direito público ou quando se destinarem a finalidade de utilidade pública.

Tabela 2 - Domínio de variáveis: Uso dos Recursos Hídricos

Uso dos Recursos Hídricos
Captação em corpos de água (rios, lagoas naturais, etc.)
Captação em barramento – sem regularização de vazão (Para fins de outorga entende-se por barramento com regularização de vazão aquele que permite a captação de uma vazão superior aquela legalmente disponível a fio d'água)
Captação em barramento com regularização de vazão (A < 5,00 ha)
Captação em barramento com regularização de vazão (A > 5,00 ha)
Barramento sem captação
Barramento sem captação para regularização de vazão
Perfuração de poço tubular (poço artesiano)
Captação em poço tubular já existente (poço artesiano)
Captação em poço manual - cisterna
Captação de água subterrânea para fins de rebaixamento de nível em mineração
Captação em nascente
Desvio parcial ou total de curso de água
Dragagem, limpeza ou desassoreamento de curso de água
Dragagem de curso de água para mineração
Canalização e/ou retificação de curso de água
Travessia rodo-ferroviária (pontes e bueiros)
Estrutura de transposição de nível (eclusa)
Lançamento de efluente em corpo de água
Aproveitamento de potencial hidrelétrico
Água fornecida por concessionária local
Uso de recurso hídrico de domínio da União
Captação de Água Subterrânea Para Fins De Pesquisa Hidrogeológica
Processo único de Outorga – Uso coletivo
Dragagem em cava aluvionar para fins de extração mineral

Tabela 3 - Domínio de variáveis: Finalidade de Uso

Finalidade de Uso	
Abastecimento público	Geração de energia
Aqüicultura	Irrigação
Clarificação da água	Lavagem de veículos
Consumo agroindustrial	Paisagismo

Consumo humano	Pesquisa mineral
Consumo Industrial	Pesquisa hidrogeológica
Contenção de sedimentos	Rebaixamento de nível d'água
Contenção de taludes	Recirculação de água
Controle de cheias	Recreação
Depuração de efluentes	Regularização de vazão
Desassoreamento e/ou limpeza	Transposição de corpo de água
Dessedentação de animais	Urbanização
Disposição de rejeitos	Outra - definir
Extração mineral	

Tabela 4 - Dominio de variáveis: Método de Irrigação

Método de Irrigação	
Aspersão – auto propelida	Gotejamento
Aspersão convencional	Inundação
Aspersão – mangueira	Sulcos
Aspersão – pivô central	Outro - definir
Micro aspersão	

Tabela 5 - Dominio de variáveis: Tipo de Tratamento de Água

Tipo de Tratamento de Água	
Filtração direta	Adsorção
Filtração lenta	Tratamento com membranas
Tratamento convencional	Troca iônica
Fluoretação	Oxidação
Abrandamento	Outro - definir

Tabela 6 - Dominio de variáveis: Tipo de Criação

Tipo de Criação	
Aves	Equinos
Bovinos	Suínos
Caprinos	Outro - definir

Tabela 7 - Dominio de variáveis: Tipologia

Tipologia	
Industrial	Agroindustrial
Abatedouro/Matadouro	Beneficiamento de produtos agrícolas
Cimenteira	Lavagem de produtos agrícolas
Curtume	
Laticínios	
Mineração	
Papel e celulose	
Petroquímica	
Siderurgia	
Têxtil	

Outro - definir	
-----------------	--

Tabela 8 - Dominio de variáveis: Tipo de Estrutura de Aqüicultura

Tipo de Estrutura de Aqüicultura	
Barramento ou açude em curso d'água	Barramento para tanque rede / Gaiola
Tanque de terra / Viveiro	Outro - definir

Tabela 9 - Dominio de variáveis: Formas de Captação no Aqüífero

Formas de Captação no Aqüífero	
Poços manuais / Cisternas	Nascentes / Surgências
Poços tubulares profundos	Outro - definir

Tabela 10 - Dominio de variáveis: Tipo de Aqüífero

Tipo de Aqüífero	
Cárstico	Granular
Cárstico-fissurado	Não definido
Fissurado	

Tabela 11 - Dominio de variáveis: Equipamento Instalado

Equipamento Instalado	
Bomba centrífuga	Bomba turbina
Bomba injetora	Compressor
Bomba manual	Não equipado
Bomba pistão	Outro - definir
Bomba submersa	

Tabela 12 - Dominio de variáveis: Energia

Energia	
Diesel	Foto elétrica
Elétrica	Outro - definir

Tabela 13 - Dominio de variáveis: Revestimento

Revestimento	
Filtro de Aço Inox	Tubo Furado
Filtro Espiralado	Tubo não definido
Filtro galvanizado	Aço carbono
Filtro geomecânico	Inox
Filtro Nold	Ferro Preto
Filtro não definido	Tubo galvanizado
Filtro Permetal	Tubo PVC Geomecânico
Filtro de PVC	Tubo PVC
Tubo ranhurado	Outro - definir

Tabela 14 - Dominio de variáveis: Pré-filtro

Pré-filtro

Areia pérola	Cimentação / proteção sanitária
Areia selecionada	Quartzoso
Brita	Pedrisco rolado
Cascalho	Pedrisco rolado quartzoso
Cascalho selecionado	Outro - definir
Cimentação	

Tabela 15 - Dominio de variáveis: Litologia

Litologia	
Anfibolito	Filito alterado
Arcósio	Filito calcífero
Arcósio calcífero	Foyaito
Ardósia	Gabro
Ardósia alterada	Gnáisse
Ardósia calcífera	Gnáisse alterado
Areia	Granito
Areia argilosa	Granito alterado
Areia conglomerática	Itabirito
Areia fina	Itabirito calcífero
Areia grossa	Itabirito dolomítico
Areia grossa e cascalho	Laterita
Areia média	Marga
Areia siltosa	Mármore
Arenito	Meta-argilito
Arenito argiloso	Meta-conglomerado
Arenito fino	Meta-siltito
Argila	Migmatito
Argila arenosa	Migmatito alterado
Argila carbonosa	Pegmatito
Argila siltosa	Pegmatito alterado
Argilito	Piroxenito
Argilito calcífero	Quartzito
Basalto	Quartzito calcífero
Brecha	Quartzito hematítico
Calcário	Rocha alcalina
Calcário alterado	Rocha básica
Calcário ardósiano	Rocha não definida
Calcário argiloso	Rocha não identificada
Calcário dolomítico	Sienito
Calcário margoso	Silte
Cascalho	Silte arenoso
Cascalho arenoso, cascalho argiloso	Silte argiloso
Cascalho siltoso	Silte conglomerático
Cobertura detrítica não definida	Siltito
Cobertura detrítica terciária-Quaternária	Siltito alterado
Conglomerado	Siltito calcífero
Conglomerado arenoso	Turfa
Conglomerado argiloso	Xisto

Conglomerado brechoso	Xisto alterado
Conglomerado siltoso	Xisto Quartzoso
Diabásio	Não definida
Dolomito	Outro - definir
Filito	

APÊNDICE B

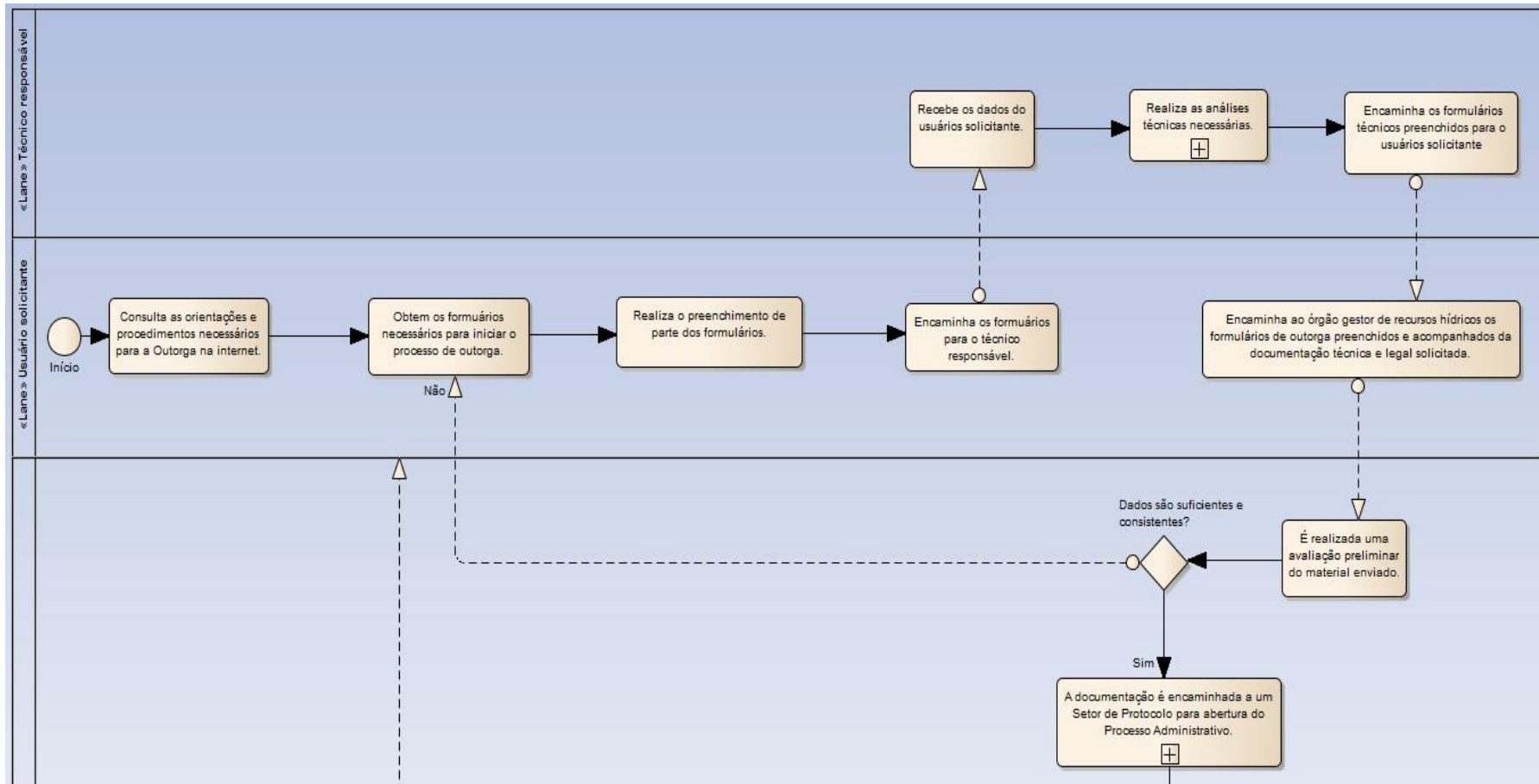


Figura 1 - Descrição do processo de outorga (parte 1/2)

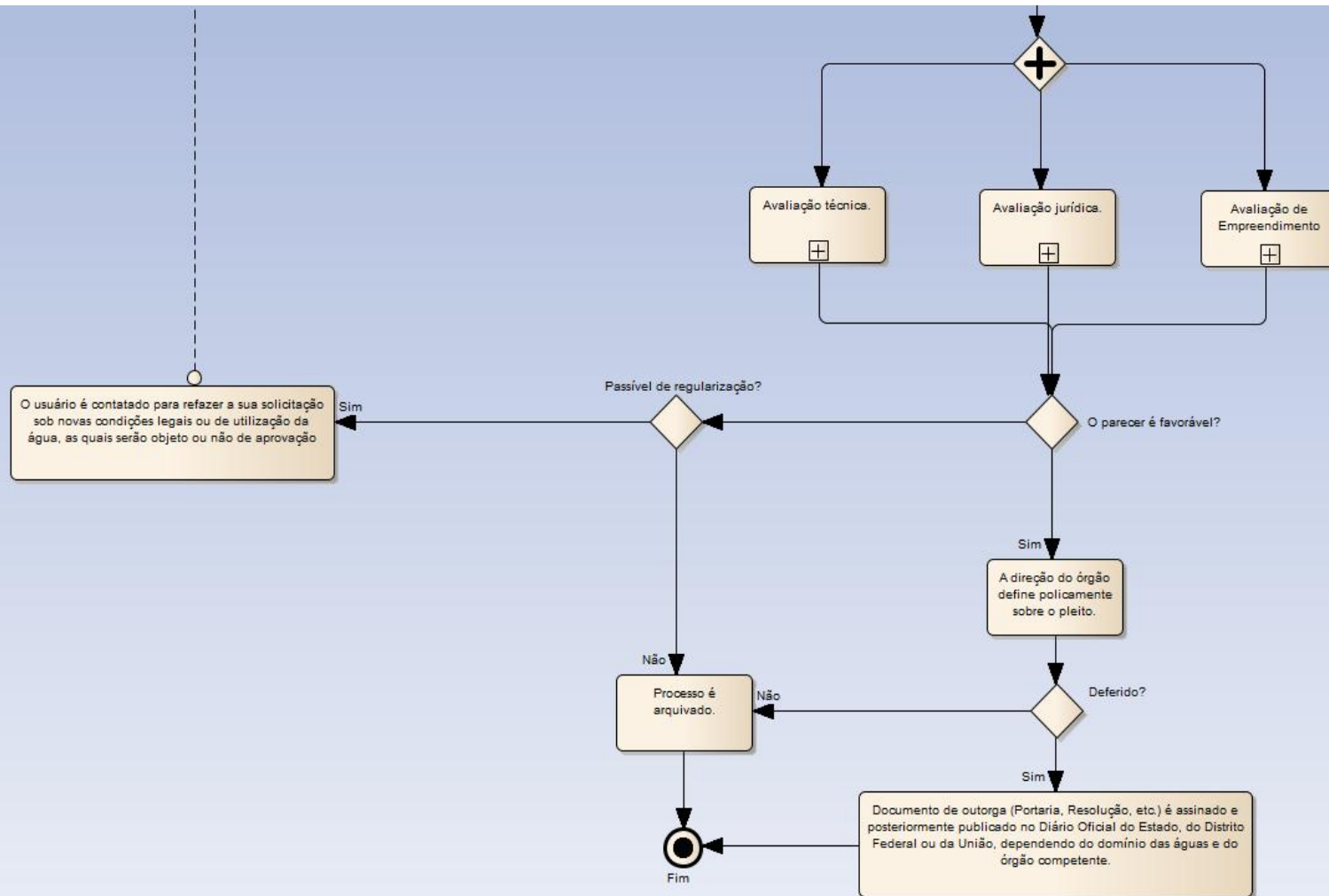


Figura 2 - Descrição do processo de outorga (parte 2/2)