

PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE CANAL NATURAL DO RIO DO GUAPORÉ, RS

Larissa Scheibler Neckel¹, Sandro Luciano Barreto Fensterseifer²

¹Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen- RS, Brasil,
(contlarischei@gmail.com)

²Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen- RS, Brasil
(sandrolbf@gmail.com)

Resumo: O enquadramento dos corpos d'água, conforme a Lei 9.433/1997, é essencial para o gerenciamento e planejamento ambiental dos recursos hídricos. Este estudo enfoca a implementação de um controle no canal natural do Rio Guaporé, RS, utilizando o software Macra Studio 1.5 para simulações de vazão máxima. Os resultados mostram uma vazão de 435 m³/s e um fluxo supercrítico, indicando a necessidade de intervenções para garantir a segurança do escoamento e evitar transbordamentos.

Palavras-chave: Desastres naturais; Planejamento ambiental; Recursos hídricos; Monitoramento; Dimensionamento.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a água tem sido progressivamente reconhecida como um recurso escasso em escala global. No entanto, é importante distinguir entre as duas causas de sua escassez: as limitações qualitativas, decorrentes da poluição, e as limitações quantitativas, resultantes das condições climáticas, do aumento da demanda devido ao crescimento populacional e do uso ineficiente (PEREIRA, 1999).

A Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece na Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997 que a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado com valor econômico. Em situações de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação de animais. A gestão deve permitir o uso múltiplo das águas, ser baseada na bacia hidrográfica como unidade territorial e ser descentralizada, envolvendo o Poder Público, usuários e comunidades (BRASIL, 1997).

O enquadramento dos corpos d'água, conforme disposto na Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, sendo essencial para o gerenciamento de recursos hídricos e o planejamento ambiental. Mais do que uma simples classificação, este enquadramento atua como um poderoso instrumento de planejamento (PAIVA et al, 2001).

Tominaga (2009) e a ONU/DIRDN (1989) explica que desastres naturais podem ser causados por diversos fenômenos, como inundações, deslizamentos, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades e secas.

Esses desastres estão ligados tanto às características físicas do ambiente quanto às atividades humanas,

especialmente o uso e ocupação do solo. (VESTENA, 2008).

O mesmo autor afirma que, é essencial realizar estudos para compreender os fenômenos associados aos desastres naturais, permitindo o planejamento de ações para prevenir ou minimizar seus efeitos.

E a prevenção e mitigação de desastres naturais requerem uma abordagem interdisciplinar, abrangendo diversos conteúdos e exigindo políticas de gestão do uso e ocupação do solo que incluam todas as esferas governamentais: municipal, estadual e federal.

Kobiyama et al. (2004) afirmam que a mitigação de desastres naturais envolve a pesquisa de monitoramento contínuo em tempo real e a modelagem, que são essenciais para o zoneamento de áreas de perigo e risco, além de fundamentar sistemas de alerta.

Dessa forma, a ciência hidrológica assume um papel crucial na prevenção e mitigação de desastres naturais, pois estuda a ocorrência, a circulação e a distribuição da água na Terra, além de suas propriedades físicas e químicas e suas interações com o meio ambiente (VILLELA e MATTOS, 1975).

Segundo Tucci (1998), um modelo hidrológico é uma ferramenta empregada para simular os processos que acontecem em uma bacia hidrográfica, possibilitando a previsão dos impactos de diversas ocorrências em comparação com os valores registrados.

Lencastre e Franco (1984) ressaltam que a Hidrologia desempenha um papel fundamental no controle de

cheias, buscando controlar especialmente a parte da precipitação que influencia a rede hidrográfica, aproveitando os benefícios do ciclo hidrológico natural.

Eles também destacam que as componentes do ciclo hidrológico de maior interesse para a Hidrologia são a precipitação e o escoamento superficial.

A vegetação influencia os estudos hidrológicos, portanto, ela presente nas áreas de recarga de aquíferos facilita a infiltração da água e, em conjunto com o solo, permite a filtragem parcial das impurezas presentes na água durante o processo de infiltração (MOTA, 1995).

A função ambiental de regulação do fluxo da água é demonstrada pela capacidade da vegetação de facilitar a infiltração durante períodos de chuvas, resultando na redução do escoamento superficial (PRADO, 2005). Em outras palavras, a presença de vegetação promove um equilíbrio adequado entre o fluxo de água superficial e subterrânea.

Dessa maneira, a presença de Áreas de Preservação Permanente, Unidades de Conservação e áreas verdes em centros urbanos contribui significativamente para o processo de infiltração da água. A vegetação nessas áreas tem a capacidade de reter poluentes e facilitar a infiltração, ajudando a regularizar o ciclo hidrológico e permitindo a recarga dos mananciais subterrâneos. (FOLLMANN e FOLETO, 2013)

Com base na relação floresta-água, as florestas desempenham um papel crucial na proteção dos solos contra a erosão, promovem a infiltração e asseguram a recarga de mananciais e aquíferos (GUEDES e SEEHUSEN, 2011).

Os desastres naturais causados pela chuva no Rio Grande do Sul em 2024 demonstram a importância de realizar estudos aprofundados para mitigar futuros impactos. Esses estudos são essenciais para entender as dinâmicas hidrológicas e identificar as áreas mais vulneráveis a enchentes e deslizamentos.

Além disso, fornecem informações cruciais para o planejamento de projetos de engenharia e políticas públicas que possam reduzir os danos causados por eventos extremos e pelo uso inadequado do solo. Essas iniciativas são fundamentais para proteger as comunidades e garantir a sustentabilidade ambiental a longo prazo.

O objetivo deste projeto é implementar um controle no canal natural do Rio Guaporé, focando na regulação da vazão e na prevenção da extrapolação dos níveis máximos de água.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Arvorezinha, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

As coordenadas geográficas são 28°51'8.16"S de latitude e 52°1'47.38"O de longitude. O Rio do Guaporé, pertencente à Bacia do Rio Taquari-Antas.

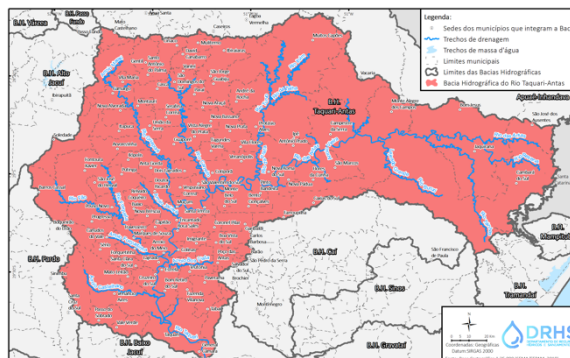


Figura 1 – Bacia do Taquari-Antas
Fonte: SEMA (2012)



Figura 2 – Imagem de satélite do Rio Guaporé
Fonte: Google Earth

Para realizar o estudo, foram coletados dados hidrológicos e geográficos da área. A coleta de dados incluiu medições de vazão, escoamento superficial e características do leito do rio.

O MACRA Studio é um software criado pela Maccaferri (Empresa de Engenharia Civil) utilizado para o projeto de obras hidráulicas fluviais, oferecendo ferramentas avançadas para a modelagem e simulação de sistemas de drenagem e canais fluviais. Ele permite aos engenheiros analisar e prever o comportamento hidrológico de rios e canais sob diferentes condições, especialmente durante eventos de cheia.

O software utiliza dados de campo, como medições de vazão e características do leito do rio, para criar modelos tridimensionais detalhados. Com esses modelos, é possível realizar simulações que ajudam a identificar pontos críticos e planejar intervenções

necessárias para melhorar a capacidade de escoamento e evitar transbordamentos.

O MACRA Studio também facilita a visualização dos resultados através de gráficos e mapas, auxiliando no planejamento e na tomada de decisões para projetos de infraestrutura hídrica.

Os dados utilizados foram coletados através de um estudo realizado em 2011 na Bacia do Guaporé. A coleta foi realizada utilizando a técnica de batimetria, que consiste em medir a profundidade dos rios para obter um mapa detalhado do leito.

A equipe navegou ao longo do rio em linhas paralelas e perpendiculares ao fluxo da água, com as linhas paralelas espaçadas a 10% da largura total do rio, registrando profundidades em intervalos regulares. Os dados brutos coletados foram posteriormente corrigidos para compensar variações e possíveis erros dos equipamentos. Esses dados foram então preparados para serem inseridos no software Macra Studio 1.5, permitindo simulações detalhadas das dinâmicas de escoamento e da capacidade do canal.

A coleta considerou fatores como a velocidade da corrente e a presença de sedimentos, assegurando a qualidade e precisão dos dados obtidos. Todos os procedimentos de segurança foram seguidos rigorosamente durante a pesquisa.

O software Macra Studio 1.5 foi utilizado para simular e estimar a vazão máxima do canal natural do Rio do Guaporé. Este software é adequado para modelagem hidráulica, permitindo uma análise detalhada das dinâmicas de escoamento e da capacidade do canal.

Para iniciar as análises no software Macra Studio 1.5, foi utilizada uma seção trapezoidal simples como base. Esta escolha se deve à sua simplicidade e eficácia na modelagem de canais naturais. Após a seleção da seção trapezoidal, procedeu-se da seguinte maneira:

- Foram inseridos os dados hidráulicos obtidos a partir de pesquisas e medições realizadas no local. Esses dados incluem informações sobre vazão, profundidade da água, velocidade do fluxo e outros parâmetros relevantes para a modelagem;
- Os tipos de materiais presentes no leito do canal, como a vegetação e o tipo de solo, foram selecionados. Esta etapa é crucial para determinar a rugosidade do canal, que afeta diretamente a velocidade e a capacidade de escoamento da água;
- As alturas em cada seção do canal foram cuidadosamente medidas e inseridas no software. Estas alturas são essenciais para definir o perfil transversal do canal e calcular o volume de água que ele pode suportar;

Foi aplicada uma inclinação de 1,5:1, conforme recomendado. Esta inclinação proporciona um equilíbrio entre a estabilidade das margens do canal e a eficiência do escoamento da água.

Com todos esses dados e configurações inseridos, o software pôde realizar simulações detalhadas para prever o comportamento hidráulico do canal em diferentes cenários, especialmente durante eventos de cheia.

Isso incluiu a análise da capacidade máxima de escoamento, a identificação de possíveis pontos críticos e a avaliação da necessidade de intervenções estruturais para melhorar a segurança e a eficiência do canal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

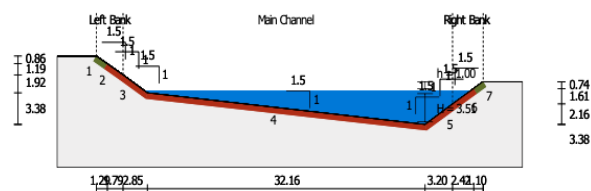


Figura 1 – Seção transversal do rio
Fonte: Arquivo pessoal

A figura 1 apresenta uma seção transversal detalhada do canal do Rio do Guaporé, destacando as características geométricas e hidráulicas do canal, bem como as dimensões e inclinações das margens.

A margem esquerda possui uma inclinação de 1,5:1, com alturas medidas de 0,86 metros, 1,19 metros e 1,92 metros. Estas medidas são distribuídas ao longo de uma largura específica, totalizando uma altura de 3,38 metros.

No canal principal, a largura é de 32,16 metros, com um perímetro molhado de 36,43 metros e um nível de água de 3,51 metros. A inclinação interna do canal é de 1,5:1, projetada para garantir a estabilidade estrutural e a eficiência do escoamento. O raio de curvatura do canal é de 1,82 metros, contribuindo para a estabilidade do fluxo de água.

A margem direita também apresenta uma inclinação de 1,5:1, com alturas medidas de 0,74 metros, 1,61 metros e 2,16 metros, igualmente distribuídas ao longo de uma largura específica, totalizando uma altura de 3,38 metros. A velocidade da água foi calculada em 6,43 m/s.

O design da seção transversal é crucial para assegurar que o canal possa acomodar variações de fluxo sem transbordar, especialmente durante eventos de cheia.

A combinação de inclinações específicas, medidas de altura e o uso de materiais coesos no leito do canal

(como argila e vegetação densa) são essenciais para determinar a rugosidade e a capacidade de escoamento do canal.

O objetivo é garantir a integridade estrutural do canal e a segurança do escoamento, prevenindo erosões e transbordamentos.

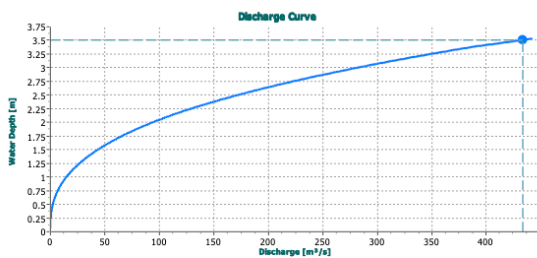


Gráfico 1 – Curva de vazão – relação da vazão com a profundidade

Fonte: Arquivo pessoal

A figura 2 mostra uma curva de descarga, que ilustra a relação entre a vazão (em metros cúbicos por segundo, m³/s) e a profundidade da água (em metros, m) em um canal. No eixo horizontal (x), temos a vazão que varia de 0 a 400 m³/s. No eixo vertical (y), a profundidade da água é mostrada, variando de 0 a 3,75 metros.

A curva ascendente indica que, à medida que a vazão aumenta, a profundidade da água também aumenta. No início da curva, para vazões menores, o aumento na profundidade é mais gradual. À medida que a vazão atinge valores mais altos, a profundidade da água aumenta mais rapidamente, mostrando uma relação não linear.

O ponto mais alto da curva, à direita, corresponde a uma vazão máxima de 400 m³/s, onde a profundidade da água atinge aproximadamente 3,75 metros. Esta informação é crucial para o planejamento de infraestrutura hidráulica, pois permite prever como o nível da água varia com diferentes vazões, ajudando a determinar a capacidade do canal e a planejar medidas para evitar transbordamentos e inundações.

A curva-chave, também conhecida como curva de descarga, é definida como a análise da relação entre a cota e a vazão observada em um rio ao longo de um determinado período, abrangendo uma faixa que inclui as cotas mínimas e máximas registradas (JACCON e CUDO, 1989).

A curva de descarga é uma ferramenta fundamental para engenheiros e gestores de recursos hídricos, pois fornece uma visualização clara de como o canal responderá a diferentes volumes de água, permitindo um planejamento eficiente e a implementação de medidas de controle adequadas.

A análise foi focada em compreender as dinâmicas hidráulicas do canal, a fim de garantir a eficiência e a segurança do escoamento das águas, especialmente durante eventos de cheia.

Os resultados indicaram que a vazão geral do canal foi calculada em 435 m³/s, com um declive longitudinal de 1,19%. O raio de curvatura do canal foi definido em 1,74 m o que contribui para a estabilidade do fluxo de água ao longo do canal. A seção transversal do canal mostrou um perímetro molhado de 38,86 metros, com um nível de água de 3,51 metros. As inclinações das margens foram projetadas em 1,5:1, garantindo a integridade estrutural do canal.

O número de Froude (Fr) é um número adimensional que descreve o regime de fluxo em canais abertos, como rios e canais. Ele é utilizado em hidráulica para determinar se o fluxo de água é subcrítico, crítico ou supercrítico e foi de 1,53, indicando um fluxo supercrítico, o que significa que a velocidade da água excede a velocidade das ondas de superfície, resultando em áreas de alta energia e potencial erosivo.

Os resultados obtidos são fundamentais para entender as condições hidráulicas do canal e para planejar intervenções necessárias para melhorar sua capacidade de escoamento e evitar transbordamentos.

A utilização do software Macra Studio 1.5 demonstrou ser altamente eficaz na simulação das condições do canal, proporcionando previsões precisas do comportamento hidrológico durante eventos de cheia. O software permitiu uma análise detalhada e robusta das dinâmicas de escoamento, identificando possíveis pontos críticos e auxiliando no planejamento de intervenções necessárias para garantir a segurança e eficiência do canal.

O Brasil, com suas dimensões continentais e grandes diferenças sociais, ambientais e econômicas, enfrenta desafios significativos na gestão de recursos hídricos. Utilizar as mesmas premissas de gestão em todo o país é inadequado e pode agravar conflitos em bacias hidrográficas críticas. É essencial que a gestão seja adaptativa e considere as realidades regionais, especialmente em bacias onde a disponibilidade hídrica já está comprometida e conflitos pelo uso da água são frequentes. Uma abordagem regionalizada e específica é crucial para a eficácia e sustentabilidade da gestão hídrica no Brasil (RODRIGUES 2022).

Em um estudo complementar, foi realizada uma simulação utilizando o modelo WRF-Hydro para o Rio Guaporé, resultando na geração de um gráfico detalhado de vazão (SOUZA et al., 2019). Esta simulação forneceu uma análise abrangente das dinâmicas de fluxo do rio, permitindo a visualização precisa das variações de vazão ao longo do tempo. Os dados obtidos com o WRF-Hydro são cruciais para

comparar com outras simulações, como as realizadas com o MACRA Studio 1.5, oferecendo uma base sólida para a análise comparativa e validação dos modelos hidrológicos aplicados ao Rio Guaporé.

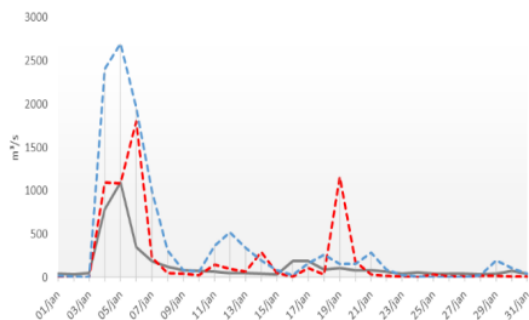


Gráfico 2 – Relação da vazão ao decorrer de um mês

Fonte: (SOUZA et al., 2019).

No gráfico 2, observamos a relação de três tipos de dados coletados para registrar a vazão do Rio Guaporé. A linha cinza contínua representa os registros observados diretamente do rio. A linha pontilhada azul mostra os dados simulados pelo WRF-Hydro com uma resolução de 1000 m, enquanto a linha pontilhada vermelha representa os dados simulados pela estação fluviométrica Linha Colombo com uma resolução mais detalhada de 250 m (SOUZA et al., 2019).

Para o trabalho do Souza et al., (2019) o simulador WRF-Hydro demonstrou ser satisfatório. Os valores simulados pelo WRF-Hydro em duas resoluções foram satisfatórios comparados às observações reais. As simulações capturaram bem a distribuição e variação espacial e temporal da precipitação e escoamento na bacia Taquari-Antas. Os resultados foram precisos para pressão, temperatura e umidade relativa, e satisfatórios para vento. Em termos de precipitação, as simulações superaram modelos numéricos desacoplados, refletindo com maior precisão as características hidrológicas da região (SOUZA et al., 2019).

CONCLUSÃO

Em conclusão, o projeto de dimensionamento do canal do Rio do Guaporé oferece uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias de mitigação de cheias e para a gestão sustentável dos recursos hídricos na região.

A aplicação de tecnologias avançadas de simulação hidráulica permite um planejamento mais preciso e uma resposta mais eficaz às condições extremas, assegurando a proteção das áreas adjacentes e a sustentabilidade do sistema hídrico.

Porém não descarta o monitoramento e a modelagem em tempo real, que permitem que os sistemas de alerta

informem as comunidades sobre possíveis riscos, possibilitando a implementação de ações para minimizar os impactos de desastres naturais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regula o Art. 21, inciso XIX, da Constituição Federal, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 jan. 1997.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 2 jul. 2024.

GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. **Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios.** Brasília: MMA, 2011.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R. V.; SCHRÖDER, P. H.; GRANDO, A.; REGINATTO, G. M. P. **Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 834-846. (CD-ROM)

LENCASTRE, A.; FRANCO, F. M.; **Lições de Hidrologia.** Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 1984. p. 19-25.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

PAIVA, J. E. S. **Demandas por Enquadramento de Corpos d'Água: Uma Contribuição para o Estabelecimento de Critérios.** Disponível em: <http://jararaca.ufsm.br/websites/paiva/download/PaivaDemandas.pdf>. Acesso em: [20 de junho].

PEREIRA, J. S. **A problemática dos recursos hídricos em algumas bacias hidrográficas brasileiras.** Tese de Doutorado apresentada ao programa de PósGraduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre- RS, 1999, 210p.

PRADO, T. B. G. **Evolução do uso dos temas e produção de sedimentos na bacia hidrográfica ao rio Jundiá-Mirim.** Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

RODRIGUES, Lineu Neiva; CRUVINEL, Paulo Estevão. **A importância da gestão de recursos hídricos e da agricultura irrigada no nexo água e alimento.** Embrapa Cerrados, 21 mar. 2022. Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/69094216/artigo-a-importancia-da-](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/69094216/artigo-a-importancia-da)



gestao-de-recursos-hidricos-e-da-agricultura-irrigada-no-nexo-agua-e-alimento. Acesso em: 2 jul. 2024.

SEMA RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. G040 BH Taquari-Antas. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g040-bh-taquari-antas>. Acesso em: 2 jul. 2024.

SOUZA, Ludmila P. de; ALVES, Rita de C. M.; MUNCHOW, Gabriel B. **Avaliação da Previsibilidade do Modelo WRF-Hydro em Modelagens Hidrometeorológicas com Diferentes Resoluções na Bacia do Taquari-Antas**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 12, n. 05, p. 1872-1890, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338882005_AVALIACAO_DA_PREVISIBILIDADE_DO_MODELO_WRF-HYDRO_EM_MODELAGENS_HIDROMETEOROLOGICAS_COM_DIFERENTES_RESOLUCOES_NA_BACIA_DO_TAUQUARI-ANTAS. Acesso em: 7 jul. 2024.

ONU/DIRDN. **Resolution 44/236 adopted at the 44th session of the natural disaster reduction**. 1989, 22 December, 4p.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela (Orgs.). **Desastres Naturais**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2016. Disponível em: <https://arquivo.ambiente.sp.gov.br/publicacoes/2016/12/DesastresNaturais.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2024.

TUCCI, C. E. M. 2005. **Modelos Hidrológicos**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 678 p.

VESTENA, Leandro Redin. **A importância da hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais**. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 4, n. 1, p. 12, jan./abr. 2008.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. McGRAW-HILL do Brasil Ltda, 1975.