

VALMIR PEDROSA

O CUSTO DA

ÁGUA

FUNDAMENTOS DA ENGENHARIA ECONÔMICA
APLICADOS À INFRAESTRUTURA HÍDRICA

VALMIR PEDROSA

O CUSTO DA ÁGUA

FUNDAMENTOS DA ENGENHARIA ECONÔMICA
APLICADOS À INFRAESTRUTURA HÍDRICA

VITÓRIA
2021



NORMALIZAÇÃO
Zapter; Organização Documental

REVISÃO ORTOGRÁFICA E GRAMATICAL
P6 Comunicação

PROJETO GRÁFICO E EDITORAÇÃO
Bios

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Zapter; Organização Documental, ES, Brasil – contato@zapter.com.br)

P372c Pedrosa, Valmir, 1971-

O custo da água : fundamentos da engenharia econômica aplicados à infraestrutura hídrica [recurso eletrônico] / Valmir de Albuquerque Pedrosa. – Dados eletrônicos. - Vitória : Ed. do Autor, 2021.

101 p. : 5618 Kb : il. ; PDF.

ISBN: 978-65-00-18978-0

Modo de acesso: www.valmirpedrosa.com

1. Água - custos. 2. Abastecimento de água - custos. 3. Recursos hídricos - aspectos econômicos. I. Pedrosa, Valmir de Albuquerque, 1971- II. Título.

CDU: 628

CDD: 628

Dedico este livro às pesquisadoras e aos pesquisadores que, na busca pela vacina, trabalham para livrar a humanidade dessa pandemia que desorganizou, desmantelou e desassossegou o mundo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao colega **Antônio Eduardo Leão Lanna**, consultor e professor titular do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pela leitura dos originais e comentários que ajudaram a trazer mais clareza e precisão aos conceitos contidos neste livro. É sempre um prazer manter tão rica troca de ideias com o eterno mestre.

Agradeço à professora **Márcia Maria Rios Ribeiro**, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pelas sugestões e correções sugeridas.

Agradeço ao colega **João Bosco da Silva**, Gerente Geral de Sustentabilidade e Relações Institucionais da ArcelorMittal Tubarão, cujos questionamentos e sugestões me levaram a escrever 15 novas páginas que enriqueceram o conteúdo do livro.

Agradeço ao professor **Carlos Galvão**, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pelas sugestões que ajudaram a qualificar o texto e eliminar algumas imprecisões.

Agradeço ao professor **Vladimir Caramori**, da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), ex-presidente da Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRHidro), pela revisão detalhada e generosa. Suas considerações ajudaram a tornar a leitura mais fluida e precisa.

Agradeço ao professor **Eduardo Setton**, da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), por um trabalho contínuo de mentoria que certamente ajudou-me a perseguir a meta de entregar ao público este livro.

Agradeço ao professor **Jailson Santos Pereira**, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), pelas discussões que ajudaram a clarear alguns conceitos da engenharia econômica.

Ao fim e ao cabo, as imperfeições que permaneceram são de minha total responsabilidade.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Aporte anual de água no Estado do Ceará (COGERH)2.....	16
FIGURA 2	Singularidades da infraestrutura hídrica.....	16
FIGURA 3	Produção de manga no Perímetro Nilo Coelho.....	24
FIGURA 4	Custos de energia elétrica, produtos químicos e pessoal nas empresas de saneamento	27
FIGURA 5	O preço e o custo médio decrescente	29
FIGURA 6	Foto do Canal do Sertão Alagoano, próximo ao município de Água Branca (AL).	30
FIGURA 7	Custo médio de produção de água (R\$/m ³) no Canal do Sertão Alagoano.....	31
FIGURA 8	Análise de break even point para o canal do sertão alagoano.....	34
FIGURA 9	Custo médio e custo marginal e a quantidade de água fornecida.....	35
FIGURA 10	Curvas de custo médio e custo marginal	36
FIGURA 11	Variação temporal das curvas de custo médio e de custo marginal.....	36
FIGURA 12	Localização da Unidade ArcelorMittal Tubarão, na região metropolitana de Vitória (ES).....	41
FIGURA 13	Redução do consumo de água (m ³ /h) doce da ArcelorMittal Tubarão.....	42
FIGURA 14	ArcelorMittal Tubarão e seu projeto de dessalinização de água do mar	42
FIGURA 15	Curva de demanda pela água.....	45
FIGURA 16	Variação da receita total com o preço e a quantidade.....	46
FIGURA 17	BRASKEM, Relatório Anual 2015	50
FIGURA 18	Diagrama do fluxo de caixa demonstrativo.....	52
FIGURA 19	Representação gráfica dos valores presente e futuro	54
FIGURA 20	Fluxo de pagamento uniforme(A) equivalente ao valor P no presente	57
FIGURA 21	Uso da função PGTO no EXCEL para o estudo de uma ETE.....	59
FIGURA 22	Uso da função PGTO no EXCEL para estudo de um reservatório	61
FIGURA 23	Modalidades de financiamento	65
FIGURA 24	Plantação de milho e a colheita no município de Tanque D'Arca (Alagoas).....	71
FIGURA 25	Uso das funções TIR e VPL no software EXCEL® para simulação do projeto	73
FIGURA 26	Hidrovia Tietê-Paraná	81
FIGURA 27	Croqui das adutoras e da ETA do projeto Woodland-Davis Water Agency	81
FIGURA 28	Mapa geral do PISF e um trecho do projeto concluído	84
FIGURA 29	A Califórnia e sua infraestrutura hídrica	85
FIGURA 30	Atendimento da demanda hídrica no Central Valley Project	86
FIGURA 31	Proposta de Tarifa de água do PISF	87
FIGURA 32	Exemplo para alocação de custos do PISF	90

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	O setor de navegação.....	18
QUADRO 2	O setor industrial.....	19
QUADRO 3	O setor de saneamento.....	20
QUADRO 4	O setor de geração de energia hidrelétrica	20
QUADRO 5	O setor de irrigação.....	21
QUADRO 6	O setor de produção de pescado.....	22

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Custos do DINC para o ano de 2019.....	25
TABELA 2	Custo médio de produção de água no Canal do Sertão Alagoano (custos fixos admitidos)	31
TABELA 3	Tarifas de água da CAGECE vigentes no final do ano de 202025	32
TABELA 4	Análise de break even point para o Canal do Sertão Alagoano	33
TABELA 5	Ficha técnica para analisar as opções de novas fontes hídricas	39
TABELA 6	Tarifa de água e esgoto da empresa AEGEA no Estado do Mato Grosso (dezembro de 2020)34	49
TABELA 7	Fluxo de caixa demonstrativo.....	53
TABELA 8	Amortização pelo Sistema SAC para uma PCH.....	62
TABELA 9	Amortização pelo Sistema PRICE para uma PCH	63
TABELA 10	Amortização pelo Sistema SAC para um projeto de irrigação	64
TABELA 11	Exemplos contemporâneos de financiamento no Brasil	65
TABELA 12	Relação de custos para o plantio de milho	71
TABELA 13	Receitas e despesas de plantio de milho irrigado.....	72
TABELA 14	Riscos de erros no projeto de engenharia, suas causas e alocação de responsabilidade	75
TABELA 15	Riscos de mudanças tributárias.....	76
TABELA 16	Natureza dos riscos hídricos avaliados	76
TABELA 17	Alocação de custos de investimentos no Woodland-Davis Project71	82
TABELA 18	Alocação de custos operacionais do Woodland-Davis Project	82
TABELA 19	Ficha técnica para auxiliar a alocação de custos	89
TABELA 20	Exemplo de ficha técnica para auxiliar a alocação de custos.....	91

LISTA DE VÍDEOS

ASSISTA AO VÍDEO 1	Projeto de dessalinização da água do mar no Brasil.....	33
ASSISTA AO VÍDEO 2	Cálculo do custo médio em canais	34
ASSISTA AO VÍDEO 3	Custo de oportunidade na indústria.....	37
ASSISTA AO VÍDEO 4	Quatro pilares de ações para enfrentar a escassez hídrica nas unidades industriais.....	39
ASSISTA AO VÍDEO 5	Água é vida na indústria.....	43
ASSISTA AO VÍDEO 6	Capacidade de pagamento pela água	49
ASSISTA AO VÍDEO 7	Obras e benefícios compartilhados.....	81
ASSISTA AO VÍDEO 8	Alocação de custos.....	83
ASSISTA AO VÍDEO 9	O Projeto de Integração do Rio São Francisco.....	89
ASSISTA AO VÍDEO 10	Tarifas do Projeto de Integração do Rio São Francisco.....	92

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico	EVTEA	Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental
BNB	Banco do Nordeste	FGV	Fundação Getúlio Vargas
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social	PCH	Pequena Central Hidrelétrica
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará	PGA	Plano de Gestão Anual
CBHSF	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco	PISF	Projeto de Integração do Rio São Francisco
CESAN	Companhia Espírito-santense de Saneamento	PRICE	Sistema Francês
CESB	Companhia Estadual de Saneamento Básico	SAC	Sistema de Amortização Constante
CET	Custo Efetivo Total	TIR	Taxa Interna de Retorno
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco	TMA	Taxa Mínima de Atratividade
CNA	Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil	UHE	Usina Hidrelétrica
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco	VAE	Valor Anual Equivalente
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento	VPL	Valor Presente Líquido
DINC	Distrito de Irrigação Nilo Coelho	WI4A	Water Infrastructure for Climate Adaptation
ETA	Estação de Tratamento de Água		
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos		

SUMÁRIO

PREFÁCIO	9
PRÓLOGO	11
1 A ENGENHARIA ECONÔMICA DA INFRAESTRUTURA HÍDRICA	14
1.1 A variação da oferta hídrica e seus impactos	18
1.2 O custo dos serviços providos pela infraestrutura hídrica	23
1.3 Custo médio de produção	28
1.4 Análise de ponto de equilíbrio (<i>break even point</i>)	33
1.5 Custo marginal de produção	34
1.6 Custo de oportunidade	36
1.7 Custo irrecuperável	37
1.8 O custo de não ter a água	38
2 CURVA DE DEMANDA PELA ÁGUA	44
2.1 Elasticidade da demanda	46
2.2 Capacidade de pagamento	48
3 ANÁLISE DE PROJETOS DA INFRAESTRUTURA HÍDRICA	51
3.1 Termos técnicos das operações financeiras	55
3.2 Cálculos do financiamento da infraestrutura hídrica	57
3.3 Valor anual equivalente (VAE)	58
3.4 Modalidades e conceitos das operações de financiamento	64
3.5 Tipos de análise de investimentos	67
3.6 Indicadores de viabilidade (VPL, TIR, Payback)	69
3.7 Riscos específicos do financiamento da infraestrutura hídrica	74
4 ALOCAÇÃO DE CUSTOS NA INFRAESTRUTURA HÍDRICA	78
4.1 Woodland-Davis Clean Water Agency	81
4.2 O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF)	83
EPÍLOGO	93
REFERÊNCIAS	94
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	100
O AUTOR	101

PREFÁCIO

A água é um recurso essencial para a vida, tão importante quanto o próprio ar que respiramos. Ela também agrega valor econômico e perfila entre os insumos mais necessários à produção industrial, à agropecuária, à produção de energia no Brasil – responde por 66% na matriz energética nacional. Manter uma infraestrutura hídrica eficiente é, portanto, fundamental para regular o bom funcionamento das engrenagens que movimentam o país e, ainda, prover serviços de saneamento básico à população de cerca de 220 milhões de habitantes.

No entanto, nos carecem recursos e financiamentos que contemplem essa necessária infraestrutura, o que tem gerado sérios gargalos na economia brasileira, como as situações extremas vivenciadas em períodos de estiagem e que impõem racionamento do uso da água, afetando diretamente inúmeras atividades produtivas.

É nesse contexto que a sociedade empresarial e financeira capixaba, através do Instituto Brasileiro de Executivos de Finanças – IBEF/ES, destaca a relevância desta obra do professor Valmir Pedrosa. Mais do que apresentar fundamentos da engenharia econômica aplicados à infraestrutura hídrica, a publicação faz uma valiosa análise sobre o custo econômico da água,

preenchendo uma importante lacuna na literatura técnica nacional. Sabemos o quão relevante é esse insumo em nossas vidas e na produção econômica, e é importante também conhecermos seus fundamentos de custo e precificação, haja vista os diversos estudos para a “commoditização” da água, como tantos outros recursos naturais.

Ao abordar exemplos contemporâneos e inspiradores de irrigação, saneamento, navegação, geração de energia elétrica e outros, o professor compartilha sua valiosa bagagem teórica e prática não só com estudantes e profissionais dedicados ao tema, mas também com empresas como a ArcelorMittal Brasil, principalmente em sua unidade de Tubarão que, desde que iniciou suas operações décadas atrás, tem estado especialmente atenta à questão hídrica e aos desdobramentos que a escassez de água pode trazer para suas unidades e as regiões onde está inserida.

O tema da água é tratado com muita responsabilidade na empresa, que atualmente está entre os maiores produtores de aços planos do Brasil e, ao mesmo tempo, possui um dos menores índices de consumo de água doce do país. Investimentos contínuos na busca por maior eficiência hídrica, seja a partir de projetos voltados para o reúso ou por fontes alterna-

tivas, seja na recirculação de água no processo industrial da siderúrgica, hoje superior a 97%.

Além disso, recentemente foi iniciada a construção da maior planta de dessalinização de água do mar para uso industrial no Brasil, um projeto relevante tanto para a empresa, diante de eventuais cenários de escassez hídrica no futuro e para garantir maior estabilidade operacional, quanto para a comunidade capixaba, pois contribuirá para uma maior segurança hídrica no Estado do Espírito Santo. Olhando do ponto de vista financeiro, o projeto é uma espécie de seguro ou um *hedge* para uma eventual escassez de água doce para as suas atividades industriais e/ou eventualmente for priorizada para a população.

Mais do que investir em projetos inovadores como esse, entendemos que o papel das organizações empresariais é também atuar como agente ati-

vo, incentivando o engajamento da sociedade civil, do setor econômico e do poder público na busca pela excelência na governança dos recursos hídricos disponíveis para a captação.

Este livro, financeiramente apoiado pela empresa e institucionalmente pelo IBEF/ES, é uma dessas formas de estímulo. Incentivar a pesquisa e o compartilhamento do conhecimento é absolutamente fundamental para o enriquecimento técnico e cultural de uma sociedade. Assim, o gerenciamento dos recursos hídricos deve procurar ser feito de forma descentralizada e participativa, com presença marcante e decisiva da sociedade.

Paulo Henrique Wanick Mattos

Presidente do IBEF/ES

Diretor de Finanças, Estratégia & Riscos e Tecnologia da Informação
da ArcelorMittal Brasil – Aços Planos

PRÓLOGO

No ano de 1998, eu li o livro **Economics of water resources planning** – uma obra publicada em 1971 – de autoria de Leonardo Douglas James e Robert Lee. Foi um deleite. O conteúdo é extenso: microeconomia, otimização, simulação, análise financeira, planejamento de recursos hídricos, alocação de custos e um oceano de exercícios. Até hoje, a leitura atenta ajuda-me nos desafios profissionais. No mesmo ano, conheci a obra do professor Antônio Eduardo Lanna intitulada **Economia dos Recursos Hídricos**. Trata-se de um texto brilhante até hoje não superado em língua portuguesa, com uma profusão de reflexões, conceitos e exemplos.

Impelido por estas duas obras singulares, há anos eu intencionava escrever um livro, ainda que com escopo bem menor, com os fundamentos da engenharia econômica aplicados à infraestrutura hídrica e com uma abundância de exemplos reais e contemporâneos. A ideia motivadora foi apresentar ao leitor os conceitos da viabilidade econômico-financeira dos serviços providos pela infraestrutura hídrica e as nuances da alocação de custos entre usuários de projetos de infraestrutura hídrica de múltiplos usos. Para manter o conteúdo dentro deste domínio rigorosamente definido, foi preciso renunciar a muitos e bons temas que estão conectados. Foi um *trade-off* enfrentado e resolvido com algum desconsolo.

Este livro é o resultado dessa decisão. Ele reflete, de certa maneira, o período de 20 anos no qual eu tenho sido o responsável pela disciplina “*Introdução à economia para a engenharia*” para uma dezena de cursos de graduação, e o período de 14 anos que leciono a disciplina “*Economia dos recursos hídricos*” para o Programa de Pós-Graduação de Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas.

São poucos os livros que fazem a ligação entre os conceitos e os fundamentos da engenharia econômica com aqueles do campo de estudo dos recursos hídricos. Há muitos bons livros com detalhes das operações matemáticas contidas na engenharia econômica, entretantes, sem exemplos no campo da infraestrutura hídrica. No presente livro, os conceitos da engenharia econômica, com seus exemplos contemporâneos dos empreendimentos de infraestrutura hídrica, são o destaque. Há exemplos da irrigação, do saneamento, da geração de energia hidrelétrica, da navegação, da dessalinização de água do mar para uso potável, da indústria, da navegação e da produção de pescado, entre outras.

Aqui, neste livro, a ótica da análise da viabilidade do projeto de infraestrutura hídrica foi a do empreendedor, sendo ele público ou privado, ou nas parcerias na forma da lei.

Este não é um livro a respeito dos instrumentos da Lei N° 9.433, de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Já há muito bons textos com esse conteúdo. Eu não tratei aqui, por exemplo, de discutir o potencial de indução de eficiência econômica e hídrica promovida pela cobrança do uso do recurso hídrico. É bom que se diga, cobrança aqui entendida nos termos do Art. 19 da supracitada lei. Todavia, os seis fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos estão presentes em todo o texto.

Outra tentação evitada foi a decisão de não discutir a regulação, concessão e parcerias público-privadas dos serviços promovidos por meio da infraestrutura hídrica. Para ficar apenas com um exemplo contemporâneo, o novo marco legal do saneamento (Lei N° 14.026, de 15 de julho de 2020) é alvo de muito debate, havendo uma miríade de relatórios, livros, teses, dissertações, artigos, vídeos, entrevistas, depoimentos e matérias jornalísticas tratando da concessão dos serviços de saneamento. Esse debate, contudo, exigiria outro livro mais extenso que este.

Enfim, esta obra foi pensada e construída desejando ocupar um espaço, nas estantes, nas mesas, nos computadores, nos smartphones e na literatura

técnica nacional, nas mentes sobretudo, reservado aos livros que ajudam o leitor a pôr a mão na massa, a realizar cálculos matemáticos e a compreender como os conceitos que unem a engenharia econômica aos serviços providos pela infraestrutura hídrica são úteis. Espera-se que os leitores envolvidos em processos de tomada de decisão típicos da engenharia econômica saiam fortalecidos com a leitura do livro.

Finalmente, eu gostaria de registrar que este livro foi escrito nos meses da pandemia da COVID que atingiu o mundo e o Brasil no ano de 2020. Foi um período de grande angústia e perdas. Escrever ajudou a ocupar a minha mente, tirando-a do redemoinho de notícias tristes que nos alcançou neste período. Enquanto escrevo, estamos no mês de fevereiro de 2021, a vacinação contra a COVID já foi iniciada em vários países da América, Europa, Ásia, Oceania e África. No Brasil, o início da vacinação ocorreu no dia 17 de janeiro de 2021. Acredito que o ano será de reconstrução e recomeço. Que assim seja!

Boa leitura.

Valmir Pedrosa
Fevereiro de 2021

UM AVISO

Alguns exemplos neste livro foram criados para clarear conceitos e cálculos numéricos. As simulações baseadas em dados verídicos, entretanto, são as mais frequentes. Quando não foi possível obter todos os valores reais necessários, foram adotados valores de forma que o cálculo fosse concluído. Essa condição está sempre explicitada nos exemplos. O jogo de cores nos quadros que contêm os exemplos auxilia o leitor a reconhecer cada uma das situações.

Quadro com exemplo numérico *imaginado*.

EXEMPLO

Exercício numérico criado.

Quadro com simulação baseada em *informações disponíveis em sites oficiais*.

A SITUAÇÃO

Contexto de acordo com informações oriundas de sites oficiais de bancos de investimentos ou de empresas públicas ou privadas com atuação em projetos de infraestrutura hídrica.

A SIMULAÇÃO

Simulações realizadas pelo autor para mostrar a aplicação dos conceitos da engenharia econômica com informações oficiais disponíveis no site do empreendimento. Sem, entretanto, pretender obter os valores financeiros exatos pactuados nos contratos de financiamento.



1 A ENGENHARIA ECONÔMICA DA INFRAESTRUTURA HÍDRICA



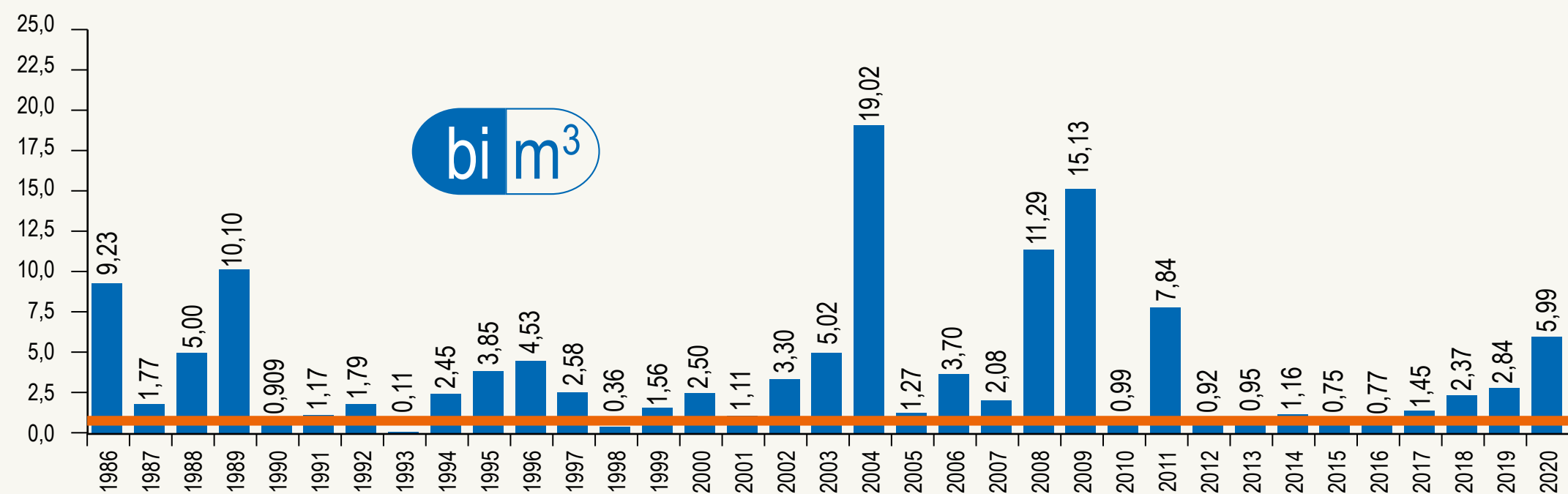
A engenharia econômica é a ciência de aplicar critérios da economia para selecionar a melhor opção dentre um grupo de alternativas de projetos de engenharia. Aplicada ao tema água, trata de analisar e selecionar projetos de infraestrutura hídrica. A infraestrutura hídrica ajuda a criar o mundo como o conhecemos. A água torna a vida prazerosa e saudável nas residências com os padrões atuais de higiene e conforto. A água participa dos processos produtivos da agricultura, da indústria, da mineração, da geração de energia elétrica, da navegação que possibilita o transporte de pessoas e bens, da pecuária e da aquicultura que nos garantem fontes de proteína animal. A água, com seus fluxos regulares, permite a manutenção dos ecossistemas e oferece grandes opções de lazer, esportes, turismo e o encantamento com cenas naturais de rara beleza. Com seus extremos – secas e cheias – causa prejuízos aos ativos públicos e privados, trazendo enorme desassossego e deteriorando a qualidade de vida das populações afetadas.



A ocorrência da água – um fenômeno estocástico – tem grande variação temporal e espacial. É abundante em algumas regiões e escassa em outras; apresenta variações de seus aspectos qualitativos que impulsionam ou impedem seu uso; às vezes, a oferta hídrica é insuficiente para atender a demanda em alguns meses do ano; às vezes, ocorre o infortúnio de uma sequência de anos secos maximizar seus efeitos nefastos na economia regional e nas condições sociais. Para ficar com apenas um exemplo desse fenômeno, a figura 1 mostra o aporte anual de água (bilhões de m³/ano) no Estado do Ceará¹. Observe o leitor a elevada variabilidade anual e, em especial, a sequência de anos com baixos aportes no período de 2012 a 2019. Foram 8 anos consecutivos com aportes abaixo da média histórica, que é de 4,08 bilhões de m³ de água por ano.

A incerteza do atendimento às demandas hídricas torna a vida cotidiana difícil e desestimula o desenvolvimento social e econômico. Assim, um conjunto de ações são planejadas e executadas para melhorar o equilíbrio entre a demanda e a oferta hídrica. A ampliação da oferta e o controle da demanda, acompanhadas da boa gestão do risco, são capazes de reduzir os impactos da escassez hídrica que ameaçam a vida humana, as atividades econômicas e os ecossistemas.

FIGURA 1 – Aporte anual de água no Estado do Ceará (COGERH)²



2020: dados parciais | média: 4,08 bi; mediana: 2,27 bi m³

Nota: figura redesenhada pelo autor.

Mas afinal, quais são as singularidades da engenharia econômica da infraestrutura hídrica que justificam um livro dedicado ao tema? Há quatro singularidades. Elas estão retratadas na figura 2. Trataremos de cada uma delas a seguir.

FIGURA 2 – Singularidades da infraestrutura hídrica



A **primeira singularidade** é que, quando se trata dos serviços de saneamento, é um serviço essencial à vida e à saúde pública. Quando se trata da oferta de energia, as águas nos rios foram responsáveis pela geração de 65,8% da energia elétrica produzida no Brasil³, no ano de 2020. Quando se trata da segurança alimentar, a agricultura irrigada ajuda a fazer do Brasil um destaque mundial na produção de produtos vegetais e proteína animal. Mediante a navegação, permite o transporte de pessoas e bens. A mesma importância é percebida na produção industrial, na produção de pescado, na mineração, no turismo e no lazer, entre outros. A vida moderna que conhecemos depende da oferta regular e segura de água e da infraestrutura hídrica associada.

A **segunda singularidade** é que a infraestrutura hídrica atende a múltiplos usos e usuários. Um reservatório, por exemplo, pode servir para a geração de energia hidrelétrica, para a aquicultura, para regularizar o nível da água a jusante para a navegação, para o turismo na bacia hidráulica do reservatório, para a irrigação, para o atendimento da oferta de água nas cidades, para a prática de esporte e lazer, para gerar um hidrograma que atenda aos requisitos ecológicos dos ecossistemas, também pode conter eclusas que permitam o transporte fluvial de bens e pessoas, e assim por diante. Essa realidade traz incomum complexidade para a operação da infraestrutura hídrica.

O caso do Projeto de Integração do rio São Francisco (PISF) é um exemplo contemporâneo e vultoso. Ali são necessários acordos entre a União e os Estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte para atender a diversos usos da água. Os pormenores do PISF estão analisados no capítulo 4.

Na última década, de fato, para dar conta dessa complexidade, tem havido importante progresso na construção de pactos⁴ para conciliar todos os interesses da sociedade civil, dos governos e dos usuários acerca de nossas fontes hídricas – rios, aquíferos, reservatórios e lagos – e do uso da infraestrutura hídrica presente no território brasileiro.

A **terceira singularidade** é que as fontes de financiamento têm sido um gargalo para garantir a necessária ampliação, modernização e manutenção da infraestrutura pública hídrica nacional, assim como a recuperação da infraestrutura obsoleta. A reflexão serve também ao setor privado, que busca novas formas de financiamento para a operação de suas infraestruturas.

O setor de saneamento é um exemplo fiel a esta narrativa. A falta de investimento tem deixado um passivo imenso que se materializa na degradação, em particular, dos rios e praias em áreas urbanas, e afeta negativamente os indicadores de saúde pública. O déficit na prestação do serviço de saneamento prejudica, sobretudo, a qualidade de vida e a saúde do cidadão. O novo marco legal do saneamento (Lei N° 14.026, do ano de 2020) foi uma

resposta do Congresso Nacional a tal situação. Há, entretanto, similarmente, gargalos na infraestrutura dos serviços de iluminação, de portos, de rodovias, de ferrovias, de hidrovias, de reservatórios de usos múltiplos – inclusive com o serviço de contenção de enchentes – entre outros. Como reação, tem havido uma ampliação e incentivo aos consórcios, concessões e parcerias público-privadas.

O financiamento não é, com certeza e clareza, o único empecilho para uma eficiente prestação dos serviços providos pela infraestrutura hídrica. O destaque aqui ocorre por se alinhar com as singularidades da engenharia econômica da infraestrutura hídrica. Como mencionado no prólogo, a análise profunda a respeito das vicissitudes e perspectivas das concessões e parcerias público-privadas alusivas ao tema não está contida no domínio deste livro.

A **quarta singularidade** é que o serviço provido pela infraestrutura hídrica depende da ocorrência da água, que por sua vez é sujeita às sazonalidades e aos extremos climáticos – secas e cheias. A água pode ficar insuficiente por longos períodos ou aparecer de forma avassaladora, saindo das margens dos rios, causando destruição em seu caminho. Nos domínios subterrâneos, o rebaixamento do nível potenciométrico ou sua contaminação pode dificultar, encarecer ou mesmo inviabilizar seu uso. Também ocorrem rompimentos de barragens que causam perdas de vidas humanas, degradação ambiental e destruição de ativos. Similarmente, vazamentos de resíduos líquidos orgâ-

nicos e inorgânicos inviabilizam o uso da água, causam prejuízos às populações, às atividades econômicas e aos ecossistemas. Há, ainda, as ocorrências comuns na realidade brasileira: lançamentos de efluentes em desconformidade com as normas, eutrofização de lagos, salinização de trechos de rio próximos ao mar, ocorrência de cheias que elevam a turbidez e alteram parâmetros de qualidade e, todas juntas, dificultando os processos das estações de tratamento de água.

Nos próximos capítulos essas quatro singularidades são tratadas por instrumentos e conceitos da engenharia econômica. Mas antes disso, vejamos alguns exemplos do impacto da variação da oferta hídrica atinentes aos serviços providos pela infraestrutura hídrica.

1.1 A VARIAÇÃO DA OFERTA HÍDRICA E SEUS IMPACTOS

A ocorrência da água é um processo natural e estocástico. Como insumo das atividades humanas está disponível nas calhas dos rios, em reservatórios ou lagos, ou nos aquíferos, tanto fissurais quanto sedimentares. Quando a oferta da água é insuficiente causa aumento nos custos de produção das atividades relacionadas à infraestrutura hídrica. Conforme a gravidade da indisponibilidade, pode haver a suspensão temporária, parcial ou total das atividades, seja pelos custos elevados ou por incapacidade de manter a atividade diante da insuficiência do líquido.

Na sequência, há seis quadros que expõem as características das demandas hídricas e exemplos dos custos adicionais na produção diante do desequilíbrio entre a oferta e a demanda hídrica em seis setores da economia. Não houve a intenção de realizar uma análise longa dos prejuízos havidos pelos extremos hidrológicos nestes setores. A ideia foi, tão somente, apresentar situações clássicas para conduzir o pensamento do leitor para algumas das facetas da análise da engenharia econômica da infraestrutura hídrica.

QUADRO 1 – O setor de navegação

NAVEGAÇÃO

Características necessárias: a navegação depende do calado e da largura do rio. É importante a ausência de material suspenso de médio e grande porte, como galhos e troncos de árvores. A navegação pode ficar suspensa em períodos de vazões baixas, em todo trecho navegável, com atenção especial para curvas e áreas de acúmulo de sedimentos.

Exemplos de custos adicionais e/ou prejuízos: na navegação em águas interiores, quando o nível da água está baixo, os navios são obrigados a operar com uma carga menor para evitar o encalhe. No rio Rhine (Reno) as companhias de navegação cobram uma tarifa adicional – *Low water surcharge*⁵ – aos clientes como uma medida compensatória por um custo médio de transporte



maior. Para os responsáveis pela via navegável o desassoreamento regular de pontos estratégicos do rio, em geral, tem custos substanciais.

A Hidrovia Tietê-Paraná⁶, que percorre seis estados brasileiros (São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás e Paraná), é uma via de navegação situada entre as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, permitindo a navegação e, conseqüentemente, o transporte de cargas e de passageiros ao longo dos rios Paraná e Tietê. Em janeiro de 2016, comemorou-se a reabertura da hidrovia, que ficou 20 meses interditada devido à seca. Por causa do baixo nível do Rio Tietê, a hidrovia foi interditada em maio de 2014 depois que algumas barcas encalharam no trecho paulista⁷. A interdição fechou cerca de 1.600 postos de trabalho e causou prejuízo de cerca de R\$ 1 bilhão para as empresas de navegação.

QUADRO 2 – O setor industrial

INDÚSTRIA

Características necessárias: a indústria necessita de água continuamente, não podendo ficar sem o seu fornecimento regular. A qualidade depende do processo do qual participa. Há processos que exigem água desmineralizada. Há exigência de água potável para os refeitórios. Há exigência de água sem ferro para alguns processos. A indústria pode ter captação própria em



rios, mar, lagos ou aquíferos ou ser abastecida por uma companhia de saneamento. Pode, ainda, utilizar águas de reúso, como é o caso da AQUAPOLO⁸, que fornece 650 litros/segundo de água de reúso para o Polo Petroquímico da Região do ABC Paulista.

Exemplos de custos adicionais e/ou prejuízos: a ArcelorMittal Tubarão⁹, localizada entre os municípios de Vitória e Serra (ES), com capacidade de produção anual de 7,5 milhões de toneladas de aço em placas e bobinas a quente, emprega diretamente cerca de 5 mil pessoas e mais de 5 mil indiretamente. No biênio 2015-2016, a região metropolitana de Vitória (ES) viveu sua mais grave crise hídrica. Em resposta, a Companhia Espírito-santense de Saneamento (CESAN) implementou um racionamento progressivo para todos, incluindo as indústrias da região. Reagindo, a ArcelorMittal Tubarão – que faz parte do Grupo ArcelorMittal, maior produtor de aço do mundo – modernizou sua Estação de Tratamento de Água de Reúso (ETA), representando o maior investimento privado de reúso no Espírito Santo, num total de R\$ 23 milhões. Ao final do período a empresa acumulou 49% de redução em relação ao volume de água contratada da concessionária. A empresa conseguiu essa redução sem reduzir sua produção de aços planos. No item 1.8 outras ações da ArcelorMittal Tubarão são detalhadas.

Há também o outro lado da moeda: os efeitos do outro extremo hídrico sobre a produção industrial. Na Tailândia, a empresa HONDA foi afetada na enchente do biênio 2011-2012 de duas formas: A unidade Roja Industrial Park ficou parada por 147 dias por ter seus pátios inundados e, na Unidade Bangkok, a

fábrica não foi inundada, mas ficou 40 dias sem produção por falta de insumos, devido à enchente nos pátios dos fornecedores. Nesse período, as montadoras Nissan, Toyota e Honda deixaram de produzir 33 mil, 240 mil e 150 mil carros, respectivamente¹⁰.

QUADRO 3 – O setor de saneamento

SANEAMENTO

Características necessárias:

o setor de saneamento é sensível às condições quantitativas e qualitativas da fonte hídrica.

A qualidade da fonte de água e

da água oferecida à população é regida pela Resolução CONAMA 357/2005 e alterações dadas pelas Resoluções 393/2007, 397/2008, 420/2009 e 430/201, pela Portaria de Consolidação N° 5/2017, do Ministério da Saúde, e outras.

Exemplos de custos adicionais e/ou prejuízos: no Distrito Federal, na crise hídrica de 2016, a ADASA¹¹ estabeleceu a Tarifa de Contingência para os serviços públicos de abastecimento de água do Distrito Federal, prestados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB, em virtude de situação crítica de escassez hídrica.

Conforme a Agência de Notícias do Governo do Paraná¹²



[...] de agosto a outubro de 2020, o regime de chuvas ficou entre 50% e 70% abaixo da média no Paraná, com uma situação ainda mais preocupante na Região Metropolitana de Curitiba. O déficit hídrico na região, onde o impacto no abastecimento público é mais grave, foi de 650 milímetros nos últimos 12 meses. O rodízio atual nas unidades consumidoras é de 36 horas em 36 horas, dada a situação crítica dos reservatórios, que estão com 27,5% de capacidade.

Como resposta à crise hídrica,

[...] a Sanepar corre contra o tempo para entregar a Barragem de Miringuava, em São José dos Pinhais. Com investimentos de R\$ 160 milhões, a barragem vai incrementar 38 bilhões de litros de água na reservação do Sistema de Abastecimento Integrado de Curitiba (SAIC), formado pelas barragens Iraí, Passaúna, Piraquara I e Piraquara II. A capacidade de produção de água passará dos atuais 1.000 litros/segundo para 2.000 litros/segundo, abastecendo cerca de 650 mil habitantes.

QUADRO 4 – O setor de geração de energia hidrelétrica

GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA

Características necessárias: a geração de energia hidrelétrica depende da vazão afluente, da capacidade de regularização do lago formado pela barragem e das restrições de montante e jusante para garantir os usos múltiplos no trecho sob efeito da represa e de outra série de regras para os sistemas inter-

ligadas e operados pelo Operador Nacional do Sistema (ONS).

Exemplos de custos adicionais e/ou prejuízos:

uma aguda crise hídrica vivida na bacia do rio São Francisco afetou a geração de energia elétrica. A



Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) informou em seu relatório anual que a produção de energia foi menor em 2015, afetada pela crise hídrica do Rio São Francisco. Em 2015, a Companhia gerou 25.080 GWh, contra 28.738 GWh em 2014, representando uma redução de 12,7%. O impacto da escassez hídrica afetou as empresas de geração de energia em várias bacias hidrográficas. Assim, FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS (2018)¹³ aponta que

[...] a permanência da condição hidrológica adversa, ocasionada pela escassez de chuvas e o esvaziamento de reservatórios em anos anteriores, impactou significativamente o Mercado de Curto Prazo (MCP) no último ano, o qual permaneceu com alto índice de judicialização. Segundo dados divulgados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), o Generation Scaling Factor – GSF, fator de ajuste do Mecanismo de Realocação de Energia (MRE) foi de 79,4%. Isso significa que as usinas participantes do MRE geraram 79,4% de suas garantias físicas. Quanto menor o índice, maior o impacto financeiro no MCP das liminares relacionadas ao risco hidrológico. Conforme

informativo referente à contabilização de dezembro de 2017, o montante a ser liquidado pelos agentes participantes da contabilização totalizava R\$ 9,5 bilhões, sendo que R\$ 6 bilhões estão relacionados com as liminares vigentes, ou seja, 64% do total estão relacionados com liminares de risco hidrológico, GSF, no mercado livre.

QUADRO 5 – O setor de irrigação

IRRIGAÇÃO

Características necessárias: a irrigação depende de volumes e níveis de água para captação. Sendo água subterrânea também depende do nível da água no aquífero. A indisponibilidade em volume suficiente exige obras para buscar fontes alternativas.



Exemplos de custos adicionais e/ou prejuízos: na escassez hídrica, ou o agricultor enfrenta perda de receita por queda na produção ou tem aumento nos custos de produção para acessar fontes de água alternativas.

No Cerrado Mineiro e na Região Sul do Estado, a estiagem deverá ser responsável por até 40% na queda de produção para 2021. De acordo com a Associação dos Produtores de Cafés Especiais do Sul de Minas¹⁴ (APROCEM),

[...] as lavouras tiveram muitas flores, mas devido à seca, os pés de café perderam muitas folhas, os chumbinhos – que é o estágio do fruto após as flores – queimaram e ocorreu uma perda grande. Algumas lavouras em que a previsão era de colher 80 a 90 sacas, não devem produzir mais que 35 a 40 sacas.

Em trabalho a respeito dos efeitos da seca 2010-2016, no Estado do Ceará¹⁵, no ano de 2012, os autores informaram que

[...] dos 182 municípios avaliados – considerando a safra de grãos e mandioca –, 166 sofreram perdas maiores que 50%, sendo que, destes, 87 municípios sofreram perdas acima de 80%. Considerando apenas a safra de grãos, 181 municípios sofreram perdas maiores que 50%, sendo que, destes, 114 municípios tiveram perdas acima de 80%. Embora obras estruturantes tenham melhorado a expansão da oferta de água, quando secas extremas atingem o Estado, as obras de armazenamento e transferência de água acabam se mostrando insuficientes para o enfrentamento dos efeitos de uma longa estiagem.

QUADRO 6 – O setor de produção de pescado

PRODUÇÃO DE PESCADO

Características necessárias: a produção de pescado exige água em qualidade e quantidade específicas. A produção pode ser em tanques-redes dentro do corpo d'água (rio, reservatório ou lago) ou pode ser desenvolvida em tanques

escavados (viveiros) em terra preenchidos com águas oriundas das fontes hídricas disponíveis. Entre as modalidades da atividade produtiva estão piscicultura (criação de peixes), carcinicultura (criação de camarões) e malacocultura (criação de moluscos, ostras e mexilhões). Conforme comunicado técnico da Confederação Nacional da Agricultura (CNA)¹⁶, de outubro de 2020, a tilápia continua como espécie mais produzida, respondendo por 61,1% da produção nacional.



A carcinicultura nacional tem apresentado acelerado crescimento nos últimos anos, demonstrando que os problemas sanitários ficaram para trás e que o setor tem adotado cada vez mais tecnologias de produção. O IBGE estima que a produção no Brasil apresentou alta pelo segundo ano consecutivo, fechando 2019 com 54 mil toneladas, 19% a mais que o produzido em 2018. Somente cinco estados brasileiros são responsáveis por 88% da produção nacional: Rio Grande do Norte, com produção de 20,7 mil toneladas e 38% do total, Ceará com uma produção de 16,7 mil toneladas e 31% do total, Paraíba com 4,3 mil toneladas e 8% do total, Sergipe com 3,3 mil toneladas e 6% do total e Bahia com 2,6 mil toneladas e 5% do total.

O tema ganhou normas recentes por meio do Decreto N° 10.567, de 14 de dezembro de 2020, que dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos em corpos d'água de domínio da União para a prática da aquicultura.

Exemplos de custos adicionais e/ou prejuízos: o comunicado da CNA alerta que

[...] o estado do Ceará foi o que sofreu a maior queda na produção de tilápia, saindo de 11,1 mil toneladas em 2018 para 5,8 mil toneladas em 2019. Essa acentuada queda é explicada pela migração de grande parte da produção para o estado do Piauí, após a seca afetar importantes barragens com áreas aquícolas, como é o caso do reservatório do Castanhão.

Em outro exemplo, a Bahia Pesca informa que, no rio São Francisco, no ano de 2007, alterações nos aspectos qualitativos da água, provocados por uma enchente, causaram a mortandade, por embolia gasosa, de 106 toneladas de peixe no reservatório de Xingó¹⁷, no município de Paulo Afonso (BA).

1.2 O CUSTO DOS SERVIÇOS PROVIDOS PELA INFRAESTRUTURA HÍDRICA

Os custos⁽¹⁾ do serviço de oferta de água para uma cidade ou para uma indústria ou para um distrito de irrigação, ou outros serviços providos por uma infraestrutura hídrica, podem ser classificados e separados em custos fixos e custos variáveis. Os **custos fixos** são aqueles que, no curto prazo, não

(1) Há textos que apresentam distinção entre custo e despesa. Uma definição comum é que os custos estão relacionados ao produto final do negócio, como a matéria-prima. Já as despesas, referem-se aos gastos que não possuem relação direta com o produto final, como as despesas administrativas. Neste texto, sem prejuízo desta percepção, o termo custo agrega os dois conceitos.

são proporcionais à quantidade de água captada, tratada – se for o caso –, aduzida e entregue. A amortização de financiamentos contraídos, manutenção, custos com pesquisas, desenvolvimento e modernização, capacitação de pessoal, publicidade e comunicação com o público, os salários e encargos sociais e trabalhistas da equipe, formação de fundo de reserva, os custos com aluguéis de veículos e sedes administrativas, com os serviços de limpeza, com os serviços de advocacia e contabilidade, com os serviços de internet/telefonia e com a vigilância das instalações são exemplos de custos que não são proporcionais ao volume de água disponibilizado pela infraestrutura hídrica.

Os **custos variáveis**, por sua vez, são aqueles que crescem com o aumento da quantidade de metros cúbicos de água disponibilizados e, de modo inverso, diminuem com a redução destes. Os custos com energia elétrica nas estações elevatórias e nas estações de tratamento de água, assim como com os insumos químicos usados no tratamento da água, são exemplos de custos variáveis. Os custos fixos somados aos custos variáveis formam o **custo total** da oferta de água, conforme mostra a equação 1.

$$\text{Custo Total (R\$)} = \text{Custo Fixo (R\$)} + \text{Custo Variável (R\$)} \quad \text{Equação 1}$$

Um conceito correlato é o **Lucro**, definido como a **Receita Total** menos o **Custo Total** de uma operação. A **Receita Total**, por sua vez, é definida como a quantidade de recursos financeiros obtidos com a tarifa, que é uma contraprestação ao serviço realizado. A equação 2 exhibe a relação.

$$\text{Lucro (R\$)} = \text{Receita Total (R\$)} - \text{Custo Total (R\$)}$$

Equação 2

Algumas empresas que oferecem serviços providos por infraestrutura hídrica, por exemplo, atuam captando recursos financeiros no mercado de capitais, com emissão de títulos ou em bancos de desenvolvimento. Os investimentos ali captados são remunerados e amortizados, assim, em seu fluxo de caixa as receitas precisam superar os custos, sendo monitorados por meio de uma série de indicadores comuns no mundo das finanças. Esse tema é tratado em detalhes no capítulo 3.

Nos projetos de infraestrutura que não têm fins lucrativos, ajusta-se a equação 2 para que a **Receita** se iguale aos **Custos**. É o caso do Distrito de Irrigação Nilo Coelho (DINC), empreendimento que tive a satisfação de visitar em junho de 2016 e lá aprender as particularidades da operação financeira do distrito.

Análise de um perímetro de irrigação. O Perímetro de Irrigação Senador Nilo Coelho, localizado no município de Petrolina, em Pernambuco, iniciou suas operações em 1989 e hoje é um afortunado exemplo de agricultura irrigada. Em 2019, havia 22.466 hectares irrigados, com destaque para a produção de manga (40,92%), de uva (25,32%), de coco (10,47%), de banana (6,07%), de goiaba (5,98%) e de acerola (5,98%). No ano de 2019, foram captados do rio São Francisco 337 milhões de m³ de água para

atender a essa produção. Os métodos de irrigação mais comuns por lá são o microaspersor (62,33%), o gotejamento (27,47%) e a aspersão (8,09%). A figura 3 mostra uma propriedade dedicada à produção de manga dentro da área do DINC.

O Distrito de Irrigação Nilo Coelho (DNIC) é uma instituição privada sem fins lucrativos – de fato, uma associação civil – que tem por objetivo a gestão do fornecimento de água para irrigação aos usuários instalados no Perímetro de Irrigação Senador Nilo Coelho. A função do DINC é regulada por Contrato de Cessão, celebrado com Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF), e está fundamentada nos objetivos de administrar, operar, guardar e manter a Infraestrutura Pública de Irrigação de Uso Comum, de acordo com a Lei Nº 12.787, de 11 janeiro de 2013, que instituiu a Política Nacional de Irrigação.

FIGURA 3 – Produção de manga no Perímetro Nilo Coelho



Fonte: foto disponível no Google.

Os custos havidos no DINC para o ano de 2019 estão sumarizados na tabela 1. O leitor deve observar que o custo total de R\$ 49,1 milhões é separado em custo fixo e custo variável. A separação é de tal forma importante que é assim que consta no Relatório Anual da Gerência Executiva¹⁸ – Fechamento do Exercício de 2019. As razões ficarão claras a seguir.

TABELA 1 – Custos do DINC para o ano de 2019

DESCRIÇÃO	DESPESAS	(%)
CUSTO FIXO	21.868.456	44,49%
Despesas com Pessoal	7.397.446	33,83%
Despesas com Encargos	2.563.347	11,72%
Máquinas e Veículos (peças, combustíveis, lubrificantes e licenciamento)	2.104.594	9,62%
Manutenção de Infraestrutura	4.742.290	21,69%
Despesas Administrativas	4.937.483	22,58%
Investimentos	2.412.043	11,03%
Aporte Financeiro Fundo de Reserva RES 002/2012 Item 1.2	(1.685.305)	
Aporte Financeiro Fundo de Reserva FGTS	(467.500)	
Aporte Financeiro de Rendimentos de Aplicações Financeiras	(135.940)	
CUSTO VARIÁVEL	27.283.397	55,51%
Energia Elétrica Consumida pelas EBP's	9.042.599	33,14%
Energia Elétrica Consumida pelas EB's	18.240,798	66,86%
Outorga 2019	-	0,00%
TOTAL	49.151.853	100%

Nota: tabela redesenhada pelo autor.

Para o ano de 2019, é fácil verificar que o **custo variável** correspondeu a 55,51% do **custo total**. A política da tarifa da água ofertada pelo DINC é simples: a tarifa é um rateio dos custos de administração, operação, conservação e manutenção da infraestrutura de irrigação de uso comum e de apoio à produção.

A tarifa pelo serviço de entrega de água, que é cobrada aos irrigantes, tem duas parcelas:

- **Parcela FIXA** – Uma parte fixa proporcional ao número de hectares de cada irrigante destinada a cobrir o custo fixo do DINC.
- **Parcela VARIÁVEL** – É uma parte variável proporcional ao número de metros cúbicos entregues para cobrir os custos variáveis do DINC, que no caso em questão são custos com energia elétrica consumida nas estações de bombeamento (EB) e com a cobrança pelo uso da água¹⁹ – de acordo com o volume contido na outorga de direito de uso de recursos hídricos emitida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), em sintonia com o Art 5. da Lei N° 9.433/1997.

Os **custos fixos** anuais são divididos pelo número de hectares em produção (no caso, são 22.466 hectares) para formar a **parcela fixa** da tarifa de água (R\$/hectare/mês). Cada agricultor paga essa parcela, independentemente do consumo de água, de forma a contribuir para formar uma receita suficiente para fazer frente aos custos fixos do distrito.

A **parcela variável** (R\$/m³) é obtida dividindo os custos com energia elétrica e cobrança pelo uso da água pelo número de m³ captados no ano. No ano de 2019, foi captado do rio São Francisco um volume de 337.691.000 m³. O valor exato da parcela variável para cada usuário depende da posição da propriedade em relação aos conjuntos elevatórios e canais.

A regra de tarifa de água do DINC está em sintonia com a Lei Federal Nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013, que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação. O Art. 28 estabelece que a exploração de unidades parcelares de Projetos Públicos de Irrigação por parte de agricultor irrigante será condicionada a pagamentos periódicos referentes²⁰:

I - Ao uso ou à aquisição da terra, conforme o caso;

II - **Ao rateio das despesas de administração, operação, conservação e manutenção da infraestrutura de irrigação de uso comum e de apoio à produção** (grifo do autor);

III - Conforme o caso, ao uso ou à amortização da infraestrutura de irrigação de uso comum, da infraestrutura de apoio à produção e da infraestrutura da unidade parcelar.

Os cálculos apresentados anteriormente tratam, somente, do rateio das despesas administração, operação, conservação e manutenção da infraestrutura de irrigação de uso comum e de apoio à produção. Não foram tratados acima os custos com a amortização da infraestrutura.

[...]

O Art. 36, da referida Lei, define que constituem obrigações do agricultor irrigante em Projetos Públicos de Irrigação:

[...]

VII - **pagar, com a periodicidade previamente definida, tarifa pelos serviços de irrigação colocados à sua disposição** (grifo do autor);

[...]

O Art. 38 estabelece as penalidades para o descumprimento das obrigações. Entre elas, os agricultores irrigantes de Projetos Públicos de Irrigação que infringirem as obrigações estabelecidas na Lei, bem como nas demais disposições legais, regulamentares e contratuais, serão sujeitos a:

I - Suspensão do fornecimento de água, respeitada a fase de desenvolvimento dos cultivos, se decorridos 30 (trinta) dias de prévia notificação sem a regularização das pendências;

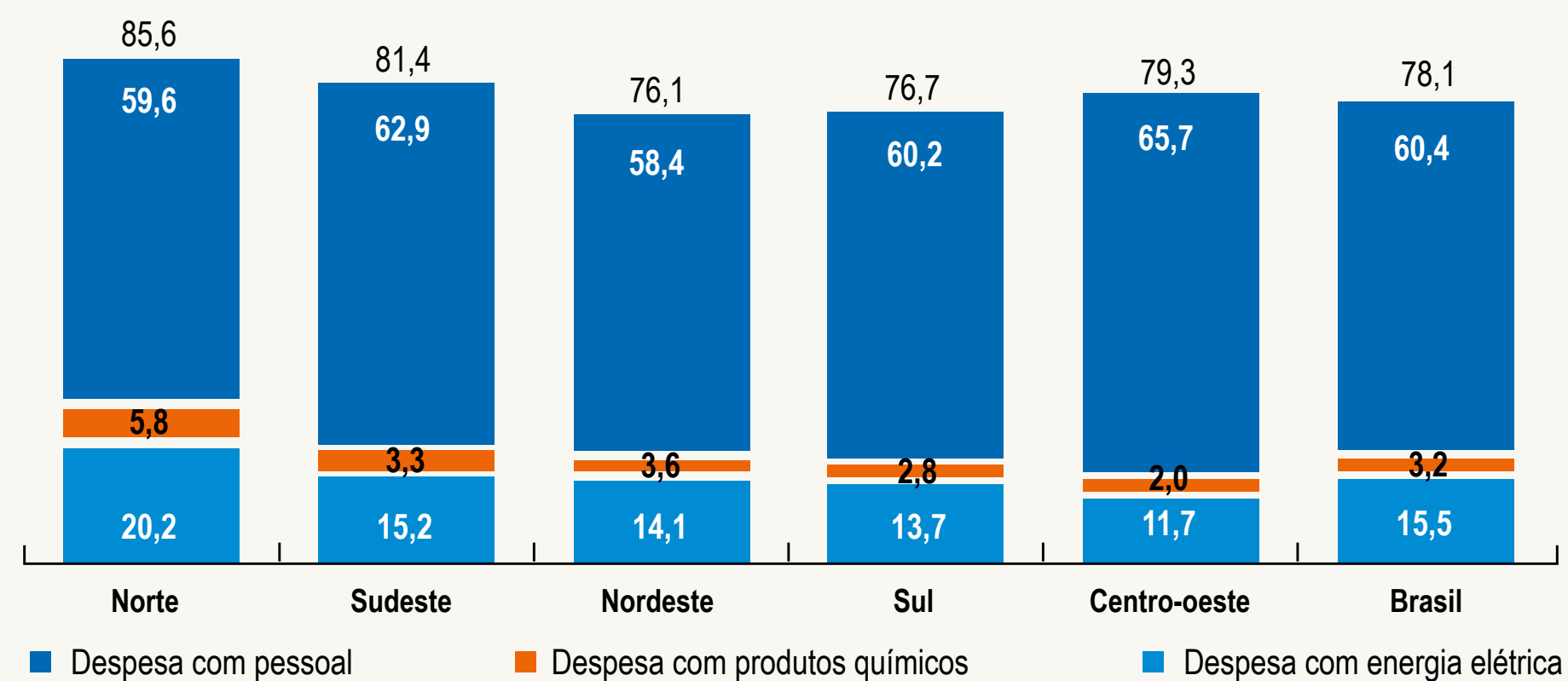
II - Suspensão do fornecimento de água, independentemente da fase de desenvolvimento dos cultivos, se decorridos 120 (cento e vinte) dias da notificação de que trata o inciso I do **caput** deste artigo sem a regularização das pendências;

[...]

A viabilidade social e econômica é tão importante para um perímetro público de irrigação que o Art. 42 assevera que, demonstrada a inviabilidade socioeconômica do Projeto Público de Irrigação, o gestor deste poderá extingui-lo, procedendo à alienação das infraestruturas de sua propriedade, e adotar medidas alternativas ou compensatórias para os agricultores irrigantes afetados. A mesma importância da viabilidade socioeconômica aplica-se ao setor de saneamento.

Custos no setor de saneamento. A publicação **Panorama da participação privada no saneamento – 2020**²¹ informa que neste setor os custos fixos representam entre 60% a 70% dos custos totais do sistema. A figura 4 apresenta os custos médios, por região, das companhias de saneamento com pessoal, energia elétrica e produtos químicos.

FIGURA 4 – Custos de energia elétrica, produtos químicos e pessoal nas empresas de saneamento



Nota: figura redesenhada pelo autor.

Vê-se que o custo variável, basicamente os custos com energia elétrica e produtos químicos, alcança o valor 26% do custo total de produção para a região Norte, e 18,5% para a região Sudeste. As alturas manométricas a serem vencidas pelos sistemas de bombeamento são fundamentais para definir a participação do custo com energia elétrica nos sistemas de infraestrutura das companhias de saneamento.

Enchentes: prejuízos e custo de controle. No Estado do Paraná, na região do município de Francisco Beltrão, está sendo executado um conjunto de obras para a contenção de cheias. Nesse primeiro momento, será construído um túnel de 1,2 mil metros de extensão e 8 metros de diâmetro. O túnel vai agilizar o escoamento da água para evitar que outros rios sejam represados e provoquem alagamentos. O Governo do Estado do Paraná²² está investindo R\$ 30 milhões nessa primeira etapa da obra. Nas demais etapas,

o projeto contemplará outras duas importantes obras para que o problema seja definitivamente resolvido, inclusive o aprofundamento e alargamento do rio (que o deixará retilíneo e navegável), e um parque linear, com foco na questão ambiental. Outros rios e córregos, afluentes do Rio Marrecas, também receberão intervenções importantes para a eliminação das enchentes e das enxurradas em todo o perímetro urbano de Francisco Beltrão. O projeto também prevê a construção de uma barragem de 1,5 mil metros acima da cidade, com as rochas que serão retiradas do aprofundamento do rio e da escavação do túnel, o que aumentará ainda mais a segurança da população.

Em outras latitudes, severas enchentes atingem, regularmente, o território brasileiro. Conforme relatório²³ da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em parceria com o Banco Mundial, no período de 1995 até 2014, o valor dos prejuízos por inundações, em todo o território nacional, foi de R\$ 72,3 bilhões. De 1995 até 2015 foram 51 milhões de brasileiros afetados. Os prejuízos que o Brasil acumula por desastres de natureza hídrica são do tamanho do país. Com os eventos hidrológicos extremos em Santa Catarina, no ano de 2008, em Alagoas e Pernambuco, no ano de 2010, e na região serrana do Rio de Janeiro, no ano de 2011, os prejuízos foram avaliados em R\$ 15,5 bilhões. Como resposta, há muitas obras no território brasileiro para o controle de enchentes, exigindo vultosos investimentos públicos.

O leitor interessado em conhecer as necessidades de investimentos em projetos de infraestrutura hídrica para a contenção de enchentes pode encontrar no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (<https://s2id.mi.gov.br/>), da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), um quadro sempre atualizado da gestão de riscos e desastres no Brasil.

1.3 CUSTO MÉDIO DE PRODUÇÃO

O conceito de **custo médio** é largamente empregado nas atividades econômicas. Quem fabrica cerveja sabe o custo médio de produzir um litro da bebida. Quem irriga monitora o custo médio de aplicar uma lâmina de 80 mm em um hectare de milho. Quem tem fazenda com vaca lactante conhece o

custo médio de produção do litro do leite. Quem opera uma estação de tratamento conhece o custo médio de produção (R\$/m³) contabilizando os custos com insumos (produtos químicos, energia elétrica etc), com a equipe de profissionais (salários e encargos sociais e trabalhistas etc), vigilância, reposição de equipamentos e manutenção, entre outros.

O **custo médio** no fornecimento ou tratamento de água é calculado pela razão entre o **custo total** de produção e a quantidade de água produzida ou tratada na mesma unidade de tempo, conforme define a equação 3.

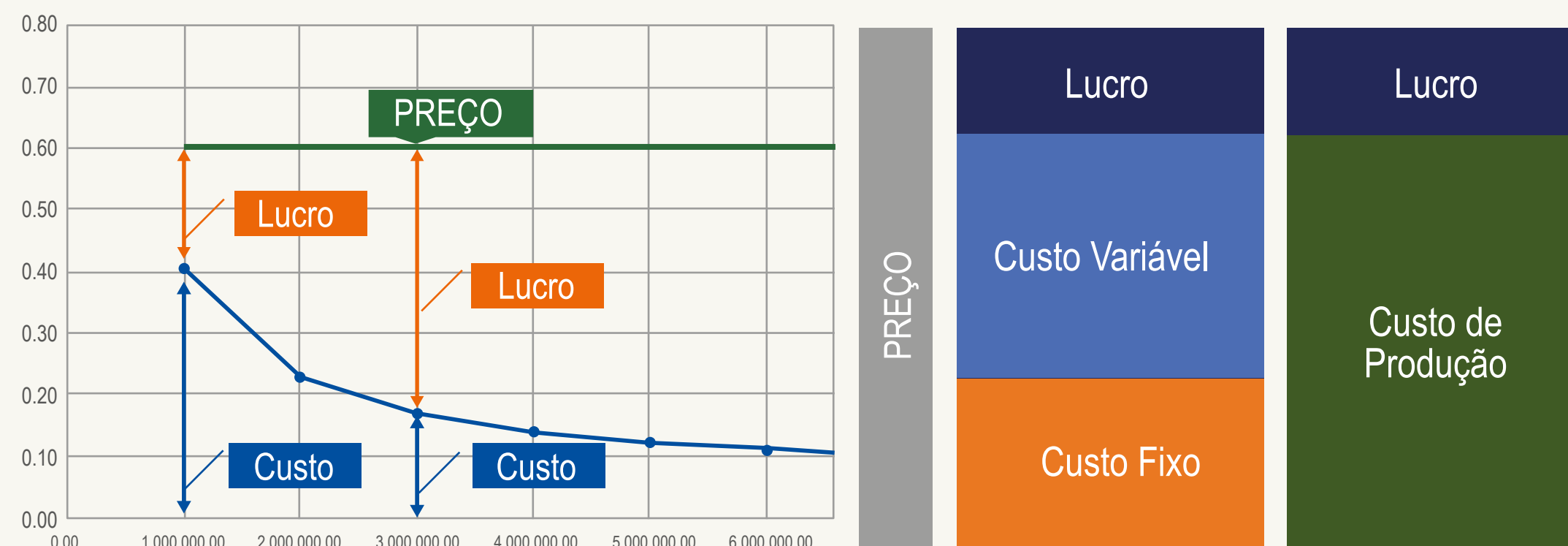
$$\text{Custo Médio } \left(\frac{\text{R\$}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Custo Total (R\$)}}{\text{Volume produzido (m}^3\text{)}} \quad \text{Equação 3}$$

O custo médio contém um poderoso conceito associado: o custo médio decrescente. Atente o leitor que no cálculo do custo médio, à medida que a produção ou tratamento de água cresce, a parcela correspondente aos custos fixos será rateada por um número maior de metros cúbicos, reduzindo-a progressivamente com o aumento da produção. Por quê? Ora, uma parte do numerador (o custo fixo) é constante e o denominador (volume produzido) é crescente, o que faz a fração diminuir.

Esse fato tem uma importância imensa para a análise financeira de projetos de infraestrutura hídrica. À medida que se aumenta a oferta de água, o custo médio dessa oferta decresce. Portanto, os sistemas devem ser proje-

tados e operados próximo à capacidade máxima instalada se desejarem se aproveitar de um menor custo médio de produção (R\$/m³), e assim ampliar o desempenho financeiro de suas operações. A figura 5 ajuda a entender a matemática do processo. É preciso lembrar que o limite do decréscimo do custo médio é a capacidade instalada. Se houvesse interesse de operar além da capacidade instalada, seria necessário ampliar as instalações, o que faria o custo médio crescer neste salto de aumento da produção.

FIGURA 5 – O preço e o custo médio decrescente



A SITUAÇÃO

Análise de um canal de oferta de água bruta. No período de 2015 a 2018, eu participei do Grupo de Trabalho (GT) de Gestão do Canal do Sertão Alagoano, sob a coordenação da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Alagoas. Na sequência, narro alguns detalhes dessa obra singular com seus custos de operação. O Canal do Sertão, localizado em Alagoas, operava, em dezembro de 2020, com 104 km de extensão, embora quando estiver concluído terá 250 km. O canal ofertou, em 2018, 27 milhões de m³ de água. A única estação elevatória da infraestrutura tem 1.500 kW de potência instalada. A Equatorial Energia Alagoas cobra pelo serviço de fornecimento do insumo uma tarifa que contém duas partes. A primeira parte é fixa e custa R\$ 9,56 para cada kW (Fora-da-ponta)⁽²⁾, conforme o contrato de demanda. A parte variável é função do consumo de energia realizado, a um custo de R\$ 0,28 por cada kWh (Fora-da-ponta). Para retirar a água do rio São Francisco e colocá-la no km 0 do Canal, o sistema consome 0,18 kWh por cada m³ bombeado. A outorga que a ANA expediu (Resolução N° 660, de 29 de novembro de 2010) autoriza uma captação de 84.201.120 m³/ano. A figura 6 mostra a geometria do canal do sertão alagoano e seu alinhamento.

Qual seria o custo médio para oferta de água no canal considerando apenas os custos com energia elétrica?

(2) Horário de ponta, ou “horário de pico”, é o período definido e composto por três horas diárias consecutivas, durante o qual o consumo de energia elétrica tende a ser maior. Fora-da-ponta, conhecido como “horário fora de pico”, é o intervalo de tempo que não o de três horas consecutivas definidas no Horário de Ponta, conforme definição da COPEL (www.copel.com).

FIGURA 6 – Foto do Canal do Sertão Alagoano, próximo ao município de Água Branca (AL).



A SIMULAÇÃO

O custo médio, considerando apenas a despesa com energia elétrica, para uma produção de 27 milhões de m³/ano, é de R\$ 0,056 por cada metro cúbico, conforme a matemática simples apresentada na memória de cálculo a seguir.

Volume produzido (m³/ano)	= 27.000.000,00
Volume produzido (m³/mês)	= 2.250.000,00
Custo fixo (R\$/m³)	= 1.500 . 9,56 = 14.340,00
Custo variável (R\$/m³)	= 0,18 kWh/m ³ . 0,28 R\$/kWh = 0,0504
Custo variável (R\$/mês)	= 2.250.000 . 0,0504 = 113.400,00
Custo total (R\$/mês)	= 113.400,00 + 14.340,00 = 127.740,00
Custo médio (R\$/m³)	= 127.740,00 / 2.250.000,00 = 0,056

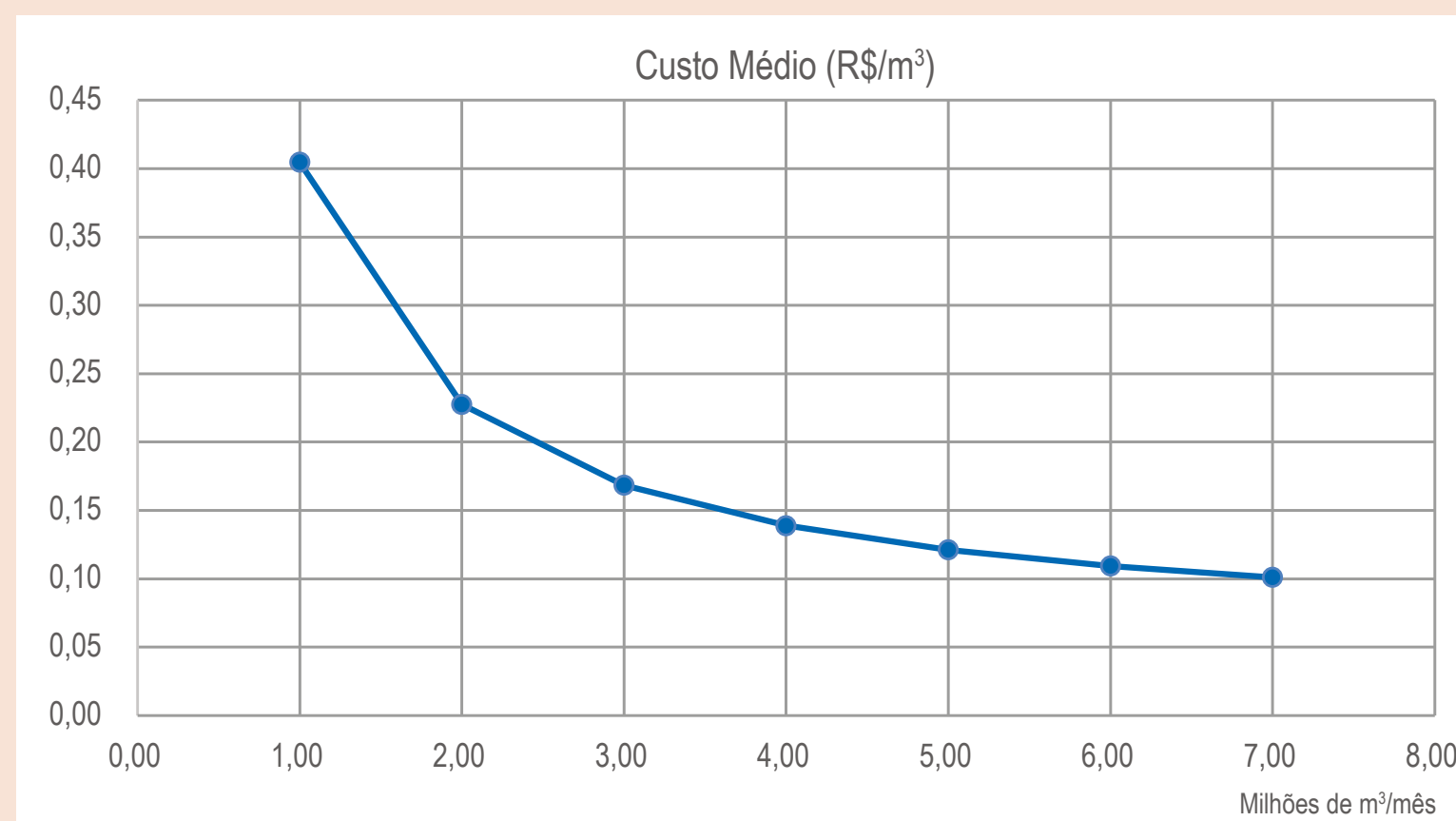
Não foi possível obter a informação exata a respeito de outros custos de operação do Canal do Sertão Alagoano. Mas para realizar o cálculo da curva de custo médio de forma ilustrativa e pedagógica, admitamos que ocorram os seguintes custos fixos: R\$ 180 mil mensais com vigilância, R\$ 120 mil mensais com a equipe de administração, R\$ 40.000 mensais com cobrança pelo uso da água – equivalente a um doze avos (1/12) da cobrança do volume anual outorgado pela Agência Nacional de Águas – e R\$ 14.340,00 com a parte da demanda da tarifa de energia – produto da potência instalada de 1.500 kW por R\$ 9,56 por kW.

Conforme os valores admitidos, a tabela 2 e a figura 7 apresentam os custos médios para a oferta de água pelo Canal do Sertão Alagoano. Para uma produção de 2 milhões de m³/mês, o custo médio de produção será de R\$ 0,23/m³. Se a produção for de 7 milhões de m³/mês, o custo médio de produção será de R\$ 0,10/m³, e assim por diante. Com o aumento da produção, o custo fixo é distribuído em mais metros cúbicos, formando uma curva de custo decrescente. Resultado: quanto maior a produção menor o custo médio, até o limite de produção do conjunto elevatório. Assim, a plenitude de operação interessa àqueles que serão atendidos, com o menor custo possível, com o serviço de oferta de água dessa infraestrutura hídrica.

TABELA 2 – Custo médio de produção de água no Canal do Sertão Alagoano (custos fixos admitidos)

Produção (m ³ /mês)	Custo Fixo (R\$/mês)	Custo Variável (R\$/mês)	Custo Total (R\$/mês)	Custo Médio (R\$/m ³)
1.000.000,00	354.340,00	50.400,00	404.740,00	0,40
2.000.000,00	354.340,00	100.800,00	455.140,00	0,23
3.000.000,00	354.340,00	151.200,00	505.540,00	0,17
4.000.000,00	354.340,00	201.600,00	555.940,00	0,14
5.000.000,00	354.340,00	252.000,00	606.340,00	0,12
6.000.000,00	354.340,00	302.400,00	656.740,00	0,11
7.000.000,00	354.340,00	352.800,00	707.140,00	0,10

FIGURA 7 – Custo médio de produção de água (R\$/m³) no Canal do Sertão Alagoano



Nota: figura redesenhada pelo autor.

Observação: os cálculos apresentados neste quadro não buscaram reproduzir, de forma alguma, as condições originais da análise e dos contratos que impulsionaram os empreendimentos analisados. Os dados disponíveis e utilizados são insuficientes para descrever a totalidade das análises realizadas pelos empreendedores ou agentes financeiros. Buscou-se usar dados que descrevem, ainda que parcialmente, empreendimentos reais para produzir um efeito didático que desperte e aguace o interesse do leitor por esse tipo de análise aplicada ao setor de infraestrutura hídrica.

A SITUAÇÃO

Análise de uma planta de dessalinização. A CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará) encontrava-se, no segundo semestre de 2020, realizando o processo de concorrência pública internacional (Nº 01/2020) – uma licitação do tipo menor valor da contraprestação – para a concessão dos serviços que compreendem elaboração de projetos, construção, operação e manutenção de planta de dessalinização de água marinha para a região metropolitana de Fortaleza, capaz de produzir 1 m³ por segundo (31,5 milhões de m³ por ano). No dia 06 de outubro de 2020, o consórcio Águas de Fortaleza (Construtora Marquise S/A, PB Construções e ABENGOA Água S/A)²⁴ apresentou a proposta comercial com o menor valor de contraprestação de R\$ 118.187.178,72 (valor anual).

Qual seria o custo médio para oferta de água oriunda da planta de dessalinização?

A SIMULAÇÃO

O processo ainda não está finalizado, entretanto, é possível observar que, de acordo com a proposta apresentada, o custo médio da água dessalinizada será de R\$ 3,74/m³, conforme memória de cálculo abaixo.

Volume produzido (m³/segundo)	= 1
Volume produzido (m³/ano)	= 31.536.000,00
Valor anual oferecido (R\$/ano)	= R\$ 118.187.178,72
Custo médio (R\$/m³)	= R\$ 118.187.178,72 / 31.536.000,00 = 3,74

A água proveniente da planta de dessalinização será entregue em certo ponto da infraestrutura de distribuição e, daí em diante, seguirá seu caminho até os usuários finais. Para efeito de uma reflexão a respeito dos valores, a tabela 3 apresenta as tarifas de água da CAGECE vigentes no final do ano de 2020. É importante alertar que o custo da água da dessalinização não pode ser comparado diretamente com as tarifas vigentes na cidade de Fortaleza. O custo de ter certo volume de água dessalinizada entregue em certo ponto da infraestrutura de distribuição é apenas uma parte dos custos, que ao final incluem, entre outros: amortização de financiamentos, salários, encargos sociais e trabalhistas, energia elétrica, impostos, imóveis, contratos de vigilância e limpeza das sedes, serviços advocatícios e de contabilidade, entre outros.

TABELA 3 – Tarifas de água da CAGECE vigentes no final do ano de 2020²⁵

Categoria	Faixa de Consumo (m³)	Tarifa Água (R\$/m³)	Tarifa Esgoto (R\$/m³)
Residencial Social Demanda máxima de 10m ³ água e 8m ³ esgoto	0 a 10	1,38	1,38
	0 a 10	2,83	2,83
	11 a 15	4,82	4,82
Residencial Popular Demanda mínima de 10m ³ água e 8m ³ esgoto	16 a 20	5,23	5,23
	21 a 50	8,99	8,99
	>50	16,02	16,02
	0 a 10	4,03	4,46
	11 a 15	5,23	5,72
Residencial Normal Demanda mínima de 10m ³ água e 8m ³ esgoto	16 a 20	5,65	6,20
	21 a 50	9,69	10,65
	>50	17,11	18,82

Nota: tabela redesenhada pelo autor.

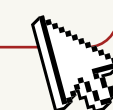
Observação: os cálculos apresentados neste quadro não buscaram reproduzir, de forma alguma, as condições originais da análise e dos contratos que impulsionaram os empreendimentos analisados. Os dados disponíveis e utilizados são insuficientes para descrever a totalidade das análises realizadas pelos empreendedores ou agentes financeiros. Buscou-se usar dados que descrevem, ainda que parcialmente, empreendimentos reais para produzir um efeito didático que desperte e aguce o interesse do leitor por esse tipo de análise aplicada ao setor de infraestrutura hídrica.

No Brasil, a dessalinização de pequena escala é usada largamente em certas pequenas comunidades do sertão nordestino, onde as águas com alto teor de sais impedem seu uso sem o prévio tratamento. O Programa Água Doce (PAD), por exemplo, é uma ação do Governo Federal, coordenada pelo

Ministério do Meio Ambiente em parceria com instituições federais, estaduais, municipais e sociedade civil, que visa estabelecer uma política pública permanente de acesso à água de qualidade para o consumo humano, incorporando cuidados técnicos, ambientais e sociais na implantação, recuperação e gestão de sistemas de dessalinização de águas salobras e salinas.



ASSISTA AO VÍDEO 1 - Projeto de dessalinização da água do mar no Brasil.



1.4 ANÁLISE DE PONTO DE EQUILÍBRIO (*BREAK EVEN POINT*)

É possível antever que há um nível de produção que iguala as receitas aos custos. Esse nível de produção é conhecido como o ponto de equilíbrio (*break even point*). Um nível de produção menor que o ponto de equilíbrio acarreta uma operação com os custos maiores que as receitas, o que não é aceitável.

A SITUAÇÃO

Análise “*break even point*” para um canal. Para efeito de exemplo numérico e didático, vamos admitir que a tarifa da água do Canal do Sertão Alagoano, analisado anteriormente, seja de R\$ 0,20/m³.

Qual seria o ponto de equilíbrio da operação?

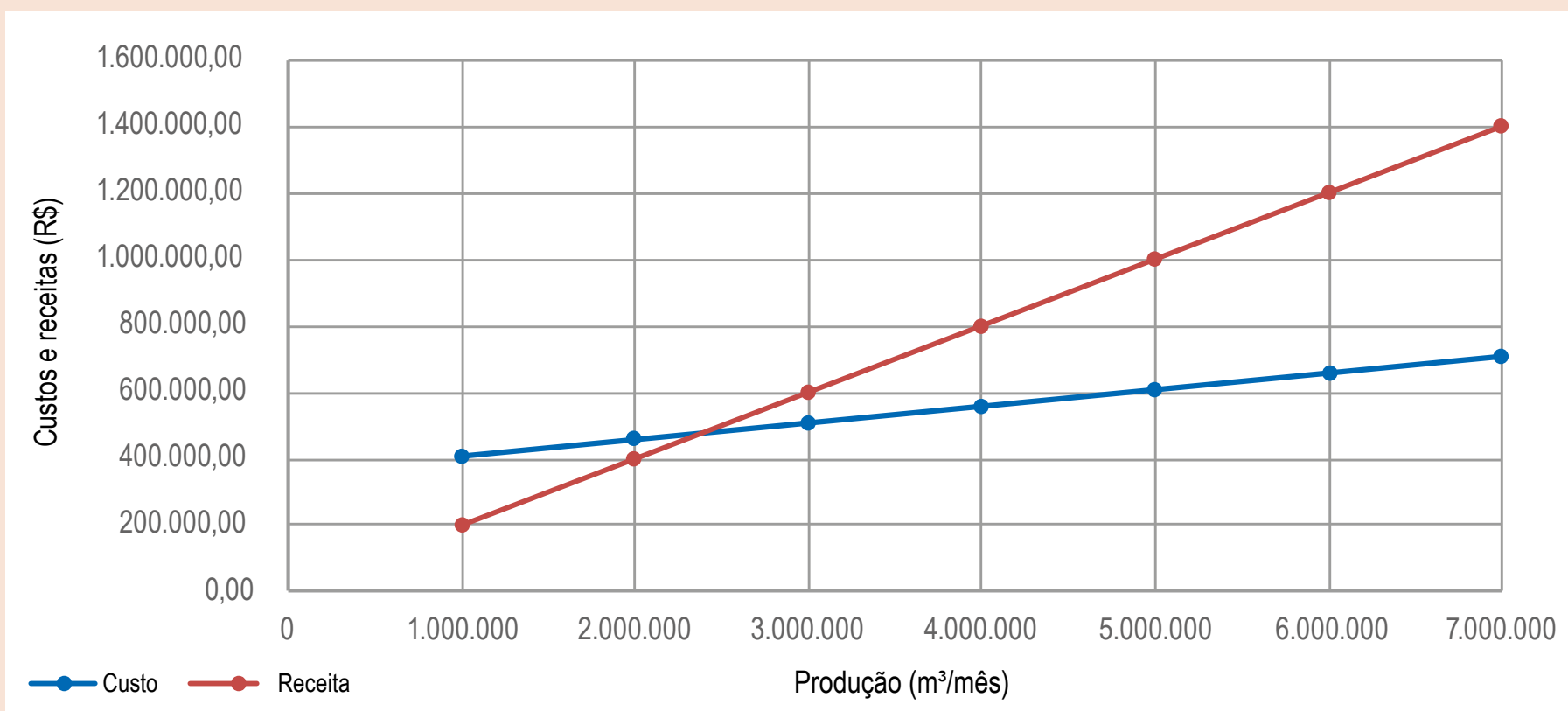
A SIMULAÇÃO

A figura 8 exhibe as curvas de receita e custos, baseadas nos números da tabela 4. Desta figura, é possível ver que o ponto de produção que equilibra as receitas com os custos – o *break event point* – é de 2.368.852 m³/mês. Uma produção menor faz o empreendimento operar no prejuízo – as receitas menores que os custos. Assim, os gestores do canal sabem que precisam realizar contratos cujos volumes de entrega somem além da produção do *break event point*. De outra forma, está ameaçada a sustentabilidade operacional daquela notável infraestrutura hídrica.

TABELA 4 – Análise de break even point para o Canal do Sertão Alagoano

Produção (m ³ /mês)	Custo (R\$/mês)	Receita (R\$/m ³)
1.000.000,00	404.740,00	200.000,00
2.000.000,00	455.140,00	400.000,00
3.000.000,00	505.540,00	600.000,00
4.000.000,00	555.940,00	800.000,00
5.000.000,00	606.340,00	1.000.000,00
6.000.000,00	656.740,00	1.200.000,00
7.000.000,00	707.140,00	1.400.000,00

FIGURA 8 – Análise de break even point para o canal do sertão alagoano



Observação: os cálculos apresentados neste quadro não buscaram reproduzir, de forma alguma, as condições originais da análise e dos contratos que impulsionaram os empreendimentos analisados. Os dados disponíveis e utilizados são insuficientes para descrever a totalidade das análises realizadas pelos empreendedores ou agentes financeiros. Buscou-se usar dados que descrevem, ainda que parcialmente, empreendimentos reais para produzir um efeito didático que desperte e aguace o interesse do leitor por esse tipo de análise aplicada ao setor de infraestrutura hídrica.



ASSISTA AO VÍDEO 2 – Cálculo do custo médio em canais



1.5 CUSTO MARGINAL DE PRODUÇÃO

O **custo marginal** corresponde à taxa de variação da curva de **custo total** para dado nível de produção. Significa, portanto, o incremento do custo

(R\$) para produzir mais uma unidade – no caso concreto, um metro cúbico de água (m³). Tomando em conta o caso do Canal do Sertão Alagoano, e considerando que o custo variável correspondente seja apenas a energia elétrica, o custo adicional para produzir um metro cúbico a mais seria o correspondente ao custo de usar 0,18 kWh – que é a energia necessária para elevar um metro cúbico de água desde o lago de Moxotó, no rio São Francisco, até o km 0 do Canal. Ou seja, R\$ 0,05/m³, resultado do produto de 0,18 kWh/m³ por R\$ 0,28/kWh. Assim, R\$ 0,05/m³ é o custo marginal de produção da água do Canal do Sertão Alagoano.

Destarte, se a água for vendida a um preço inferior a R\$ 0,05/m³ a receita oriunda desta operação sequer pagará a despesa com o consumo de energia elétrica. Se a água for vendida a um preço igual ao seu custo marginal, igualar-se-á à receita marginal.

Conhecer o custo marginal é um conceito útil para auxiliar o processo de decisão pela ampliação da produção de oferta de água. O benefício marginal, à semelhança do custo marginal, é o benefício gerado – leia-se receita gerada – decorrente da oferta adicional de um metro cúbico. Se o benefício marginal supera o custo marginal, vale a pena, sob o ponto de vista do empreendimento, prover a oferta adicional. De outra forma, se o benefício marginal é menor que o custo marginal, não vale a pena oferecer o volume de água adicional.

Os custos marginais têm duas interpretações temporais: de curto prazo e de longo prazo. No primeiro, os custos de capitais não podem variar e, dessa forma, o custo marginal inclui somente o custo variável de produção e fornecimento. No segundo, todos os custos, inclusive os de investimentos de capital, são variáveis.

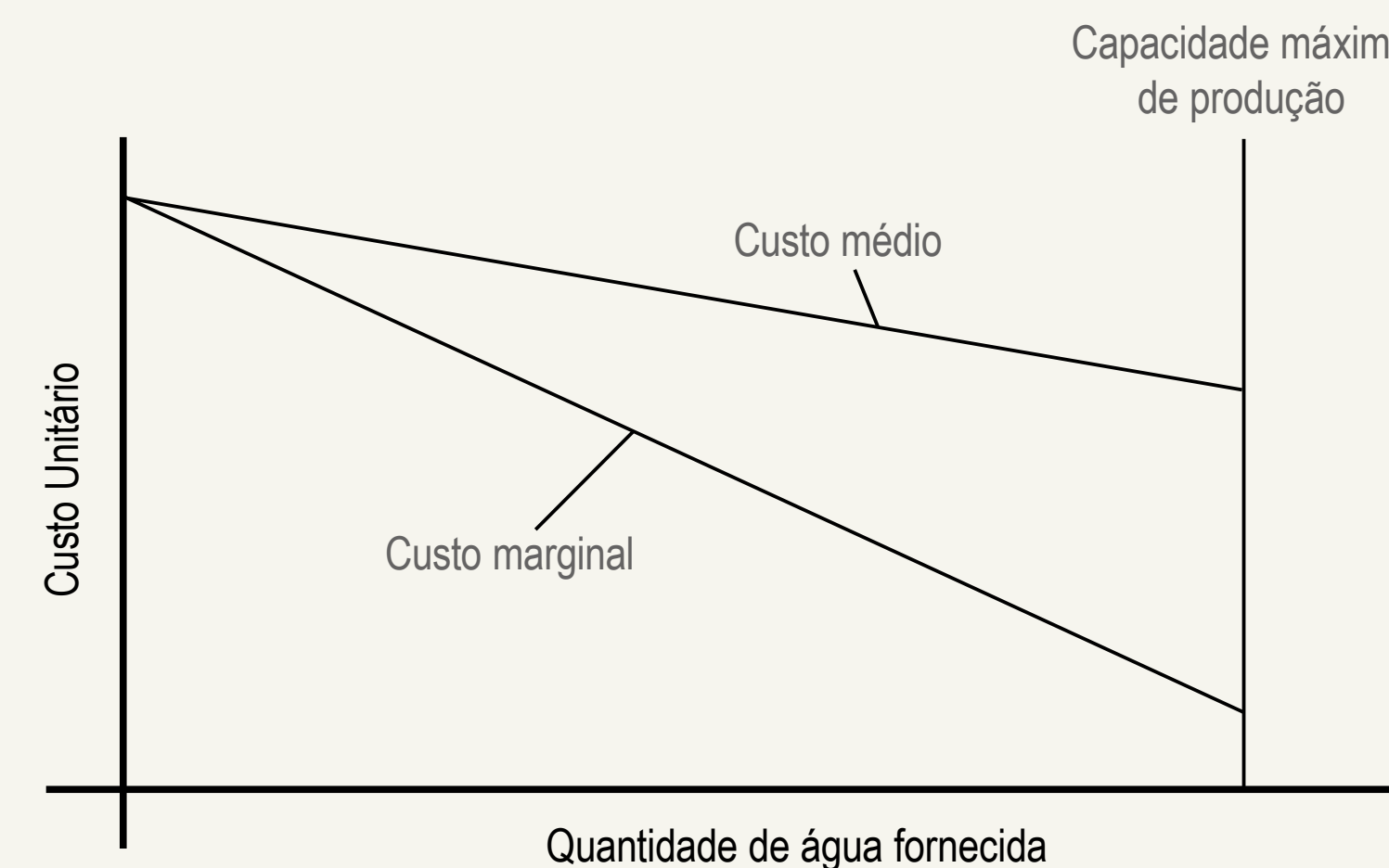
Sempre que os custos médios e marginais forem diferentes, cobrando-se pela água o valor médio, estar-se-ia recuperando integralmente os custos do atendimento. O mesmo não se verifica caso o preço seja definido igual ao custo marginal. As regras da boa governança da infraestrutura impedem operar com receitas aquém dos custos. Eis a importância de conhecer o custo marginal.

Essa diferença é importante na definição da tarifa, haja vista que induzirá como o crescimento ou decréscimo do atual consumo afeta a necessidade de futuras expansões. Ora, uma redução no consumo, atual ou projetado, retarda a necessidade de expansão do sistema, e um crescimento a antecipa.

A diferença entre custos marginais e médios pode se alongar devido a várias razões. No curto prazo, os custos marginais são simplesmente os custos unitários (marginais) de operação ($\$/m^3$). O custo médio, entretanto, é formado pelos custos unitários de operação mais os custos do in-

vestimento, como valor médio sobre a quantidade produzida. Quanto menor a capacidade ociosa, mais produto se tem para diluir os custos fixos do sistema, e dessa forma reduzir o custo médio de produção. Assim, há uma tendência de queda da curva de custo médio (Custo médio de longo prazo) mantendo-se por cima da curva marginal de curto prazo, conforme mostra a figura 9.

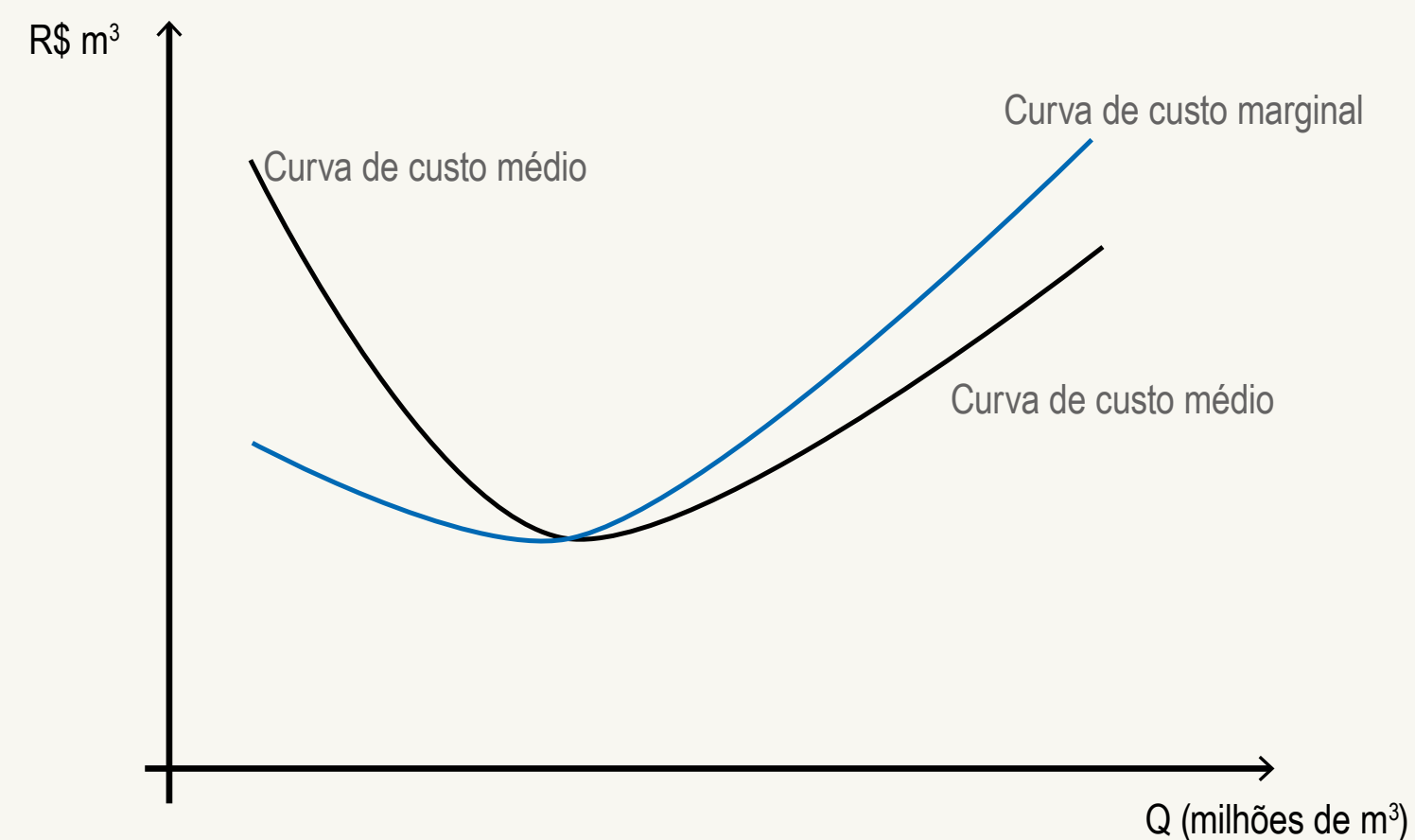
FIGURA 9 – Custo médio e custo marginal e a quantidade de água fornecida



Nota: figura redesenhada pelo autor.

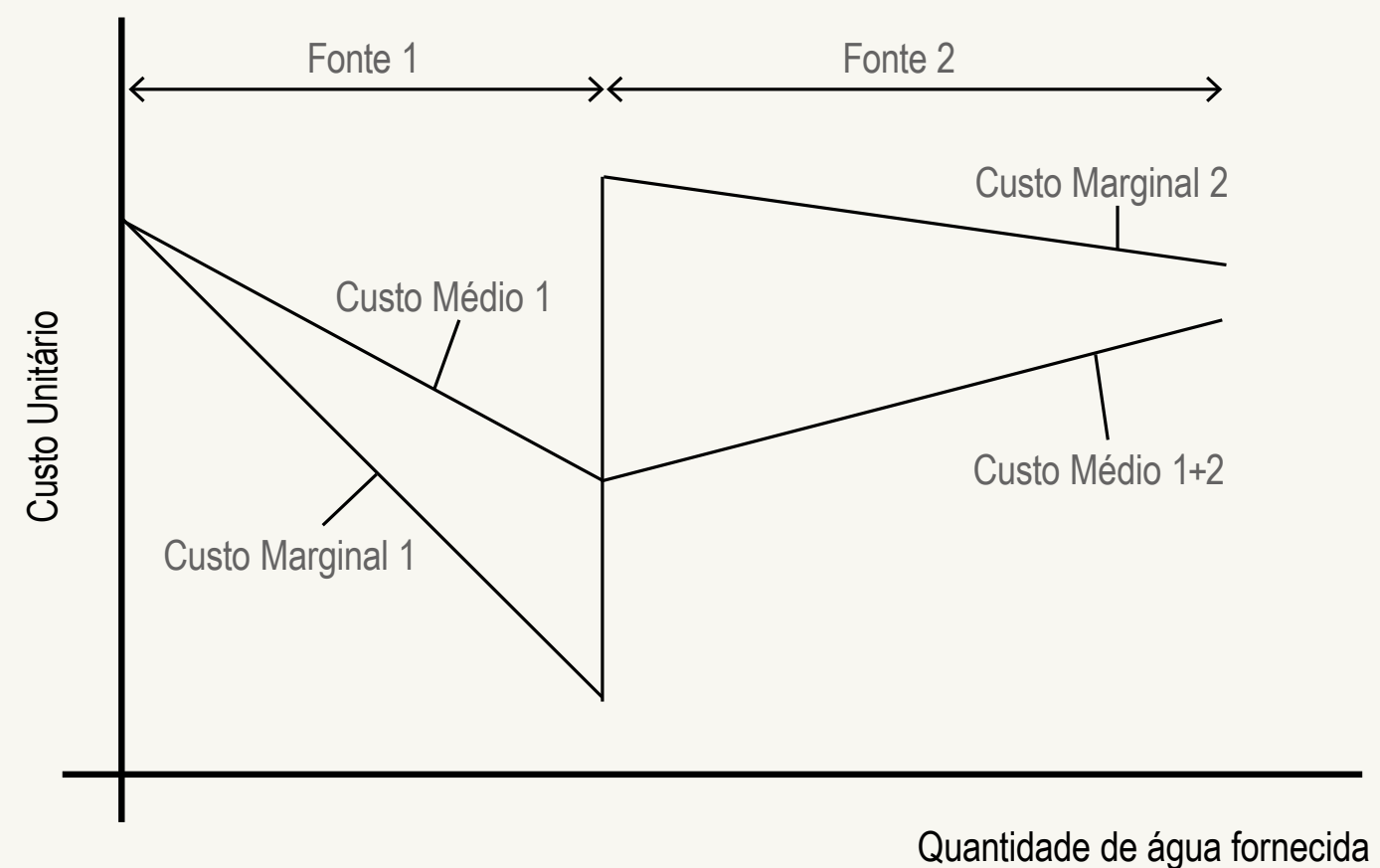
Na posição inversa, ou seja, no tramo cujo custo médio for crescente, a curva de custo marginal estará por cima daquela. A figura 10 ilustra esses comentários.

FIGURA 10 – Curvas de custo médio e custo marginal



As maiores dificuldades ocorrem quando o custo médio declina a curto prazo e cresce a longo prazo, como ilustra a figura 11.

FIGURA 11 – Variação temporal das curvas de custo médio e de custo marginal



Esse fenômeno aparece com frequência, pois normalmente os novos sistemas (Fonte 2) exigem maiores investimentos que os antigos (Fonte 1). Enquanto pode-se experimentar economia de escala de um simples projeto, o mesmo pode não acontecer com novos projetos, significando que o custo médio estaria crescendo a longo prazo.

1.6 CUSTO DE OPORTUNIDADE

Ao investir seus recursos financeiros em certo projeto, há aí, implicitamente, uma renúncia a outro investimento. Então, o **custo de oportunidade** é uma medida da receita que se deixou de ganhar, da oportunidade que se perdeu fruto de uma decisão por outro projeto.

A SITUAÇÃO

Análise de custo de oportunidade na geração de energia hidrelétrica. A hidrelétrica de Xingó, uma usina a fio d'água pertencente ao parque de geração da CHESF, tem potência instalada de 3.210 MW, distribuída em 6 turbinas de 535 MW. Cada turbina, então, pode produzir 12.840 MWh/dia. Para cumprir sua missão, cada turbina “consome” 500 m³/s de água, o que equivale a 43.200.000 m³/dia.

Se houver projeto a montante para retirar e não devolver ao rio São Francisco o volume de água de 1.000 m³, qual o seu custo de oportunidade?

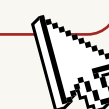
A SIMULAÇÃO

Em média, cada 1.000 m³ que passam pela turbina gera 0,29 MWh (=12.840/43.200). Uma resposta possível é que o benefício perdido seria a receita decorrente da geração de 0,29 MWh. Se o preço de venda dessa energia for de R\$180/MWh, ter-se-ia a receita perdida de R\$ 52,20 (=0,29 x 180) para cada 1000 m³ que deixaria de passar pela turbina. O conceito de custo de oportunidade é útil e corriqueiramente considerado no processo de decisão para melhorar a alocação de recursos escassos. O custo de oportunidade é um conceito útil para a tomada de decisão de como iremos empregar nossos ativos, tempo de trabalho ou recursos financeiros. Assim, o custo de oportunidade de 1.000 m³ é de R\$ 52,20. Se ocorresse outro destino para esse volume de água, haveria um emprego do recurso abaixo de sua capacidade máxima de gerar receita.

Observação: os cálculos apresentados neste quadro não buscaram reproduzir, de forma alguma, as condições originais da análise e dos contratos que impulsionaram os empreendimentos analisados. Os dados disponíveis e utilizados são insuficientes para descrever a totalidade das análises realizadas pelos empreendedores ou agentes financeiros. Buscou-se usar dados que descrevem, ainda que parcialmente, empreendimentos reais para produzir um efeito didático que desperte e aguace o interesse do leitor por esse tipo de análise aplicada ao setor de infraestrutura hídrica.



ASSISTA AO VÍDEO 3 – Custo de oportunidade na indústria



1.7 CUSTO IRRECUPERÁVEL

Diz-se **custo irrecuperável** (*sunk cost*) quando certa quantia financeira já foi investida e não pode ser recuperada. Em tese, como não há nada a ser feito a respeito dos custos irrecuperáveis, eles podem ser ignorados no processo de tomada de decisão. Embora questões políticas, legais e mesmo psicológicas exijam, às vezes, a consideração desses custos.

O princípio do custo irrecuperável é ilustrado pelo seguinte exemplo adaptado do livro **Economics of Water Resources Planning**²⁶. Suponha que em uma obra de uma pequena central hidrelétrica (PCH) com potência de 7 MW já tenham sido investidos R\$ 5 milhões de um total previsto de R\$ 10 milhões. Ao longo desse período, descobriu-se que é possível construir na vizinhança uma usina de energia solar com a mesma potência de 7 MW a um custo de apenas R\$ 3 milhões. Qual projeto deve ser levado a cabo se todos os demais custos futuros são iguais? Pelo princípio do custo irrecuperável, os R\$ 5 milhões já investidos não devem ser considerados para a tomada de decisão de seguir com a obra da PCH. Assim, já que os estudos mostram que é possível ter uma fonte de energia solar com 7 MW a um custo de R\$ 3 milhões, menor que os R\$ 5 milhões que faltam para completar a obra da PCH, o princípio do custo irrecuperável indica que a obra da PCH deveria ser preterida em favor da obra da usina de energia solar. Afinal, não há nada que possa ser feito a respeito dos R\$ 5 milhões já investidos.

Entretanto, não é difícil entender que aspectos legais e políticos podem exigir uma decisão diversa. Se admitirmos que o empreendimento em análise é público, financiado com o dinheiro do contribuinte, haverá uma pressão para explicar o pretendido abandono de uma obra que já teve investidos R\$ 5 milhões. Os órgãos de controle (Controladoria Geral da União – CGU; Tribunal de Contas da União – TCU; Ministério Público Federal, Ministério Público Estadual, entre outros), os agentes políticos e a sociedade civil exigirão uma responsabilização pelo uso do recurso público sem a geração devida de benefício para a sociedade. Essa pressão trará de volta à mesa de decisões o custo irrecuperável de R\$ 5 milhões já empregado na PCH.

1.8 O CUSTO DE NÃO TER A ÁGUA

Um amigo que recebeu os originais deste livro – eu sei que ele conhece em sua unidade cada centavo que custa à indústria o serviço de fornecimento de água – questionou-me a respeito do custo de **não** ter a água para o processo produtivo. Esse item é uma resposta àquela indagação. Na agricultura, a escassez de água reduz a produção e, em casos extremos, dizima os ativos do produtor. Na geração de energia hidrelétrica, períodos prolongados de seca diminuem a produção. Sendo especialmente afetada a geração com reservatório a fio d'água.

Já no setor industrial, o processo produtivo exige água a cada segundo de sua operação. Inclusive, nas plantas industriais que trabalham com geração de calor, a falta de água traz risco para a segurança das pessoas e dos ativos. É uma questão muito séria e monitorada com muito zelo pela área de produção, com gerenciamento de risco, planos de contingência, processos e equipamentos de controle muito bem acompanhados. Como já comentado, em uma unidade industrial cada processo exige uma qualidade de água distinta, trazendo certa complexidade para a compreensão do custo de oferta de água ao processo produtivo. Às vezes, a unidade industrial recebe água tratada da concessionária de água; às vezes, a unidade recebe água bruta e tem estações de tratamento em sua unidade para entregar para cada setor de produção a água em volume e qualidade requeridos; às vezes, a unidade tem fontes próprias de água para atender seus distintos processos. Logo, cada caso exige uma análise detalhada dos custos de fornecimento de água para cada processo da unidade.

Como avaliar o custo de não ter água diante dos demais custos de produção? Uma possibilidade é o uso do custo de oportunidade.

Um custo de oportunidade possível é o custo de a indústria acessar a água de outra fonte hídrica diante da impossibilidade de usar o serviço original. Assim, quanto custaria de investimento (CAPEX) e operação (OPEX) à indústria receber água de outra fonte, por exemplo: i) Uma adutora ligando um rio ou reservatório à indústria; ii) Uma planta de dessalinização de água

marinha para as unidades industriais próximas ao mar; iii) Acesso às reservas hídricas subterrâneas com construção de poços associada à ampliação do reúso e recirculação da água dentro da indústria; iv) receber uma água de reúso oriunda de uma estação de tratamento de esgotos (ETE) de uma cidade; ou v) construir um reservatório para regularizar uma vazão pretendida com certo nível de garantia e daí assegurar água para o processo produtivo.

Após a avaliação do CAPEX e OPEX das fontes alternativas de água, é possível estimar o impacto desse aumento no custo total de produção. Se a unidade industrial produz um único produto, seria possível, inclusive, avaliar quantos R\$/peça, ou R\$/quilo, ou R\$/tonelada, ou R\$/m³, seriam acrescentados ao custo de produção diante do fato de a indústria buscar a segurança hídrica de suas operações a partir de novas fontes hídricas. A ficha técnica exposta na tabela 5 ajuda no processo de tomada de decisão a respeito das opções possíveis.

TABELA 5 – Ficha técnica para analisar as opções de novas fontes hídricas

AMPLIAR A OFERTA					
Opções	m ³ /h	CAPEX	OPEX	Risco Físico	Risco regulatório
Adutora					
Água Subterrânea					
Dessalinização					
Reservatório					
REDUZIR A DEMANDA					
Opções	m ³ /h	CAPEX	OPEX	Risco Físico	Risco regulatório
Reúso					
Melhorias no processo					
Troca de equipamentos					
IMPACTO FINANCEIRO NA OPERAÇÃO					
Opções	Impacto no custo de produção (R\$/mês)		Acréscimo no custo médio (R\$/kg, R\$/m ³ , R\$/peça)		
Adutora					
Água Subterrânea					
Dessalinização					
Reservatório					
Reúso					
Melhorias no processo					
Troca de equipamentos					



ASSISTA AO VÍDEO 4 – Quatro pilares de ações para enfrentar a escassez hídrica nas unidades industriais



Mesmo que algumas indústrias tenham elevado consumo de água, o custo com o acesso à água, ainda assim, pode representar uma parcela menor diante dos demais custos de produção. Entretanto, por certo há um limite superior de custo com a água que, uma vez ultrapassado, inviabiliza o negócio. Essa análise é tanto indispensável quanto necessária, pois nas condições atuais sob o manto da pandemia do coronavírus que atinge o mundo há restrição severa nos orçamentos e uma busca permanente por assegurar a água necessária aos processos sem aumento nos custos de produção.

O setor industrial pode ser atingido pelos extremos hidrológicos com severos impactos em suas operações, acarretando risco à viabilidade do negócio. A avaliação do risco associado aos extremos hídricos já faz parte das análises de financiamento das instituições bancárias. O Bank of America Merrill Lynch, em estudo sobre o tema, mostra que 470 investidores, representando US\$ 50 trilhões, buscam informações sobre o risco do negócio associado à água junto ao Carbon Disclosure Project – organização sem fins lucrativos cujo objetivo é criar uma relação entre acionistas e empresas focadas em oportunidades de negócio decorrentes do aquecimento global. Em 2011, ao mesmo tempo, 1.800 empresas de atuação global já apresentavam em seus relatórios de sustentabilidade o risco de extremos hídricos²⁷.

Com o título autoexplicativo “Teste de Estresse Hídrico – como tornar as instituições financeiras mais resilientes aos riscos ambientais”, o relatório da Natural Capital Finance Alliance²⁸ expõe que

a aplicação de uma estrutura quantitativa para avaliar os riscos em potencial para as carteiras dos bancos, utilizando a Ferramenta de Teste de Estresse Hídrico destaca a seca como um risco até então não quantificado que em certos casos poderia ter um efeito dramático sobre as taxas de inadimplência dos empréstimos em carteira. Secas extremas podem aumentar em 10 vezes a inadimplência de empréstimos para instituições com carteiras específicas que estejam mais expostas aos riscos de seca. Os setores mais afetados são o de fornecimento de água, agricultura e geração de energia, principalmente em países que dependem muito de energia hidrelétrica.

Somam-se a isso as ameaças mais recentes das mudanças climáticas, tornando o padrão de chuva mais variável. As mudanças climáticas podem trazer elevação do nível do mar, aumento da intrusão salina nos aquíferos costeiros e alterações no ciclo hidrológico, ampliando a frequência e a intensidade de eventos extremos como secas e inundações.

As mudanças climáticas estão entre as preocupações do setor produtivo. Em sua análise de risco, a empresa VALE (2017)²⁹ aponta em seu relatório de referência que

desastres naturais como vendavais, secas, enchentes, terremotos e tsunamis, podem afetar negativamente as operações e projetos da Vale nos países em que opera, e podem gerar uma contração nas vendas aos países afetados, dentre outros fatores, pela interrupção do fornecimento de energia e pela destruição das instalações industriais e infraestrutura.

O impacto físico das mudanças climáticas sobre os negócios permanece incerto, mas a Vale pode experimentar mudanças nos padrões de precipitação, aumento nas temperaturas, escassez de água, aumento do nível do mar, aumento na frequência e na intensidade das tempestades como resultado de mudanças climáticas, o que pode afetar adversamente suas operações.

A BRF BRASIL FOOD S.A.³⁰, em seu Relatório Integrado de 2019, quando analisa o risco das mudanças climáticas em suas operações, afirma entender

[...] que os riscos que identificamos podem afetar nossos negócios; eles incluem impactos sobre nossa cadeia de fornecimento e nossos processos e atividades e se relacionam a mudanças de temperatura e mudanças nas chuvas, incluindo secas, inundações, tempestades e falta de água, que podem afetar a produtividade agrícola, o bem-estar dos animais e a disponibilidade de energia. Essas mudanças podem ter um impacto direto em nossos custos, inclusive aumentando o preço de commodities agrícolas como resultado de longos períodos de seca ou chuvas excessivas, os custos operacionais para garantir o bem-estar dos animais, o risco de racionamento e o preço da eletricidade.

Ampliação da segurança hídrica das operações industriais. O Grupo ArcelorMittal, líder mundial na produção de aço, em sua unidade ARCELORMITTAL TUBARÃO, aproveitando-se de sua localização litorânea próxima à região metropolitana de Vitória (ES), opera com a notável situação de que 95,6% de toda a água utilizada na unidade ser captada do mar. A água do

mar é usada nos sistemas de refrigeração, sem contato direto com os equipamentos, e retorna ao mar, passando antes por um canal de longo percurso onde sua temperatura é reduzida. Aliás, o único parâmetro de qualidade da água do mar que é alterado.

Devido a esse sistema, apenas 4,4% da demanda hídrica da unidade industrial é atendida por água doce, proveniente da concessionária local e, com investimentos contínuos, tem sido reduzida ano a ano. Na unidade industrial, o índice de recirculação da água doce é de 97,7%. A figura 12 mostra a localização da unidade industrial próximo ao litoral capixaba.

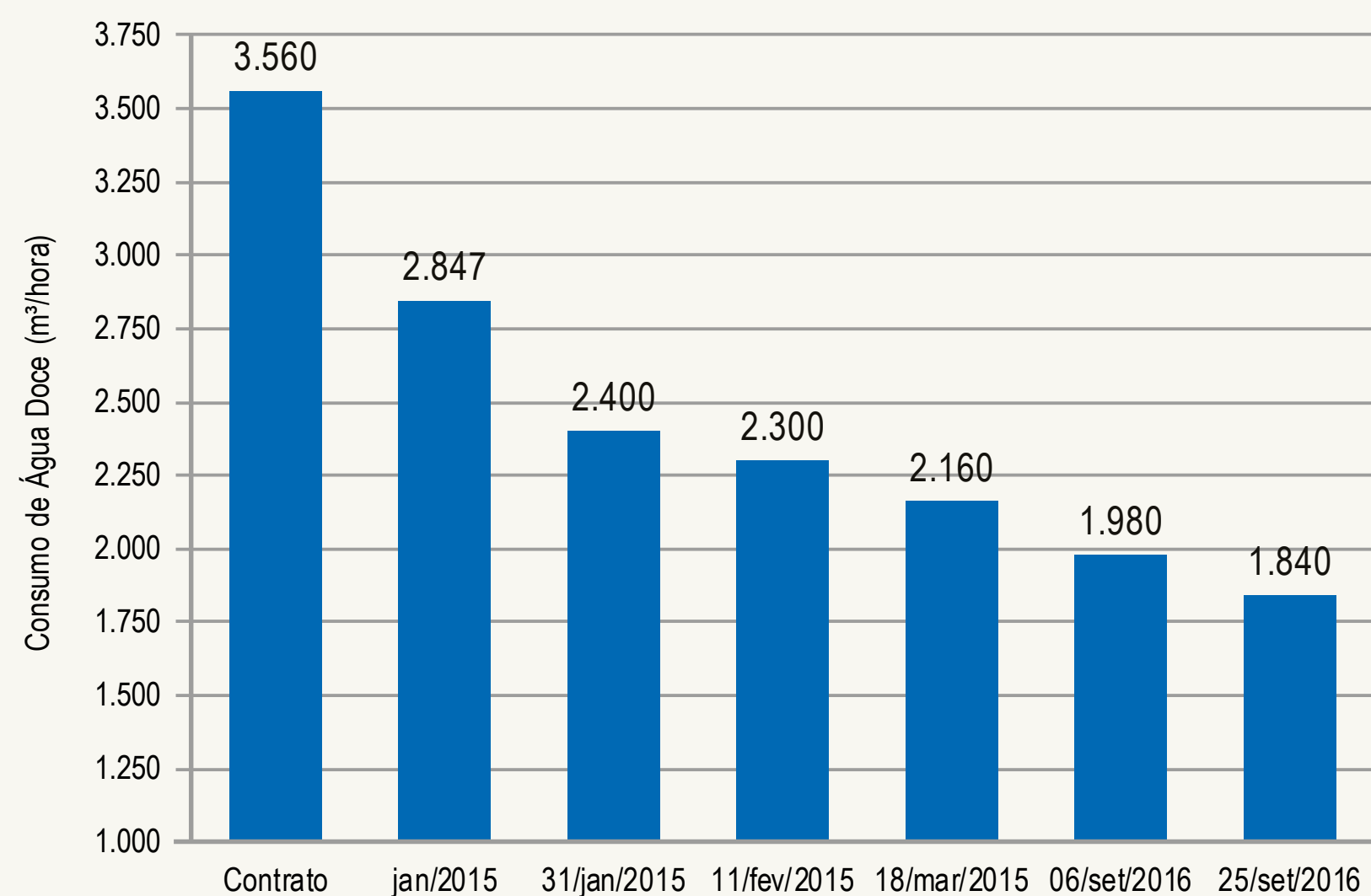
FIGURA 12 – Localização da Unidade ArcelorMittal Tubarão, na região metropolitana de Vitória (ES)



No biênio 2015-2016, a região metropolitana de Vitória (ES) viveu sua mais grave crise hídrica. Em resposta, a concessionária CESAN implemen-

tou um racionamento progressivo para todos, incluindo as indústrias da região. Diante da situação, como já fora previsto em seu PDA, a ArcelorMittal Tubarão modernizou sua ETA para reúso, representando um investimento privado de R\$ 23 milhões. Ao final do período a empresa acumulou 49% de redução em relação ao volume de água contratada da concessionária, sem reduzir sua produção de aços planos. A figura 13 ilustra o resultado do investimento na ETA.

FIGURA 13 – Redução do consumo de água (m³/h) doce da ArcelorMittal Tubarão

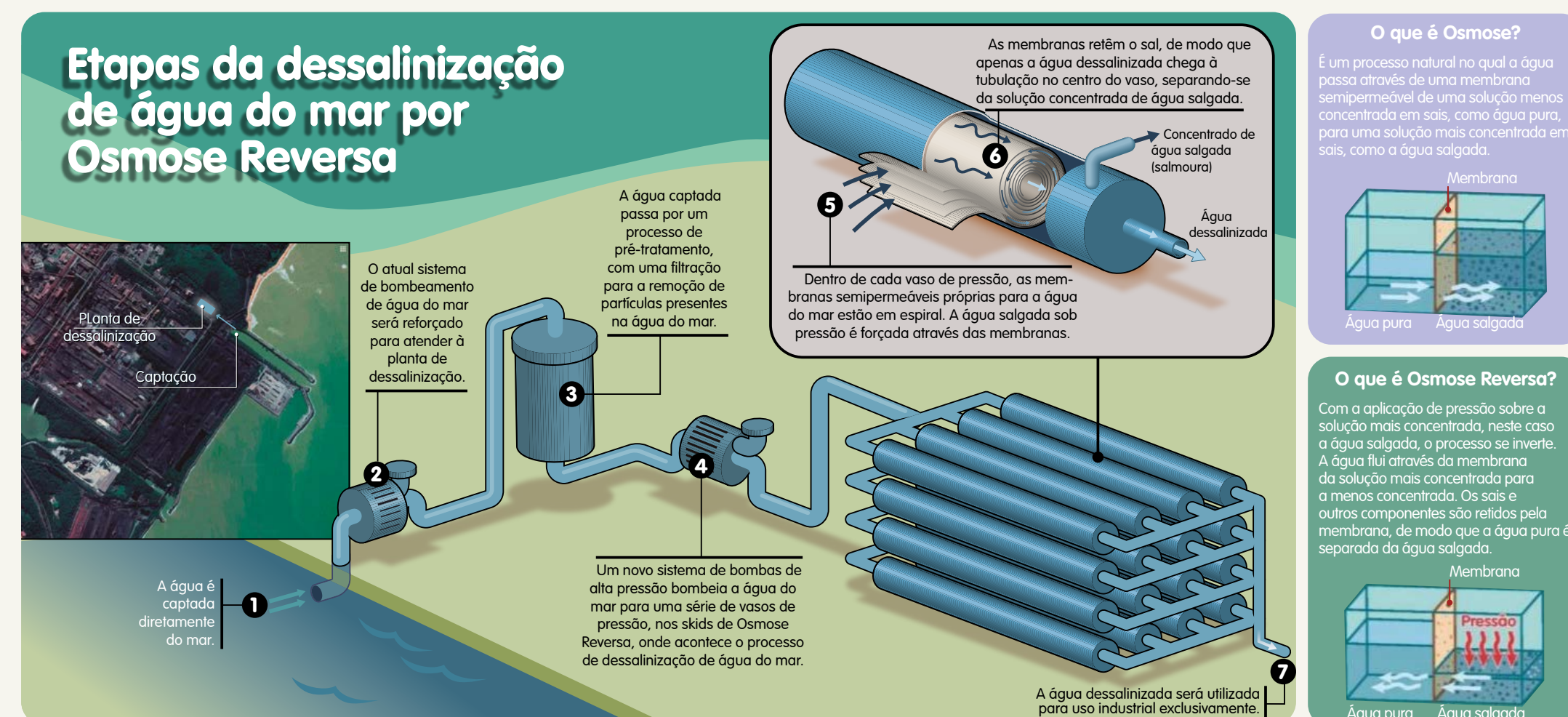


Nota: figura redesenhada pelo autor.

Na busca por ampliar a segurança hídrica regional e de suas operações, um projeto arrojado e inovador, pioneiro no Brasil, está sendo implantado na

unidade ArcelorMittal Tubarão uma **planta de dessalinização de água do mar** com capacidade de produção de 500m³/h de água para uso industrial. Será a primeira planta de dessalinização do Grupo ArcelorMittal. As obras iniciadas em 2020, representam um investimento de R\$ 50 milhões e têm previsão de início de operação no segundo semestre de 2021. A energia elétrica a ser consumida na dessalinização (cerca de 3 MW) será produzida pela própria ArcelorMittal Tubarão. Em 2019, o projeto foi vencedor do prêmio “Projeto Inovador” durante o Congresso IDA – International Desalination Association –, principal evento mundial de dessalinização e tratamento avançado do mundo, realizado em Dubai, nos Emirados Árabes Unidos. A figura 14 ilustra o processo escolhido pela unidade ArcelorMittal Tubarão.

FIGURA 14 – ArcelorMittal Tubarão e seu projeto de dessalinização de água do mar



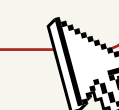
A ArcelorMittal Tubarão, em seu relatório de sustentabilidade de 2019, aponta os destaques do projeto de dessalinização:

1. Toda a água produzida será destinada para uso industrial;
2. Planta poderá ser expandida até 1.500 m³/h, mediante novos equipamentos;
3. Maior planta de dessalinização do Brasil e 1^a do Grupo ArcelorMittal no mundo;
4. 1% do total da geração própria da empresa;
5. Tubarão é autossuficiente em energia elétrica;
6. Projeto alinhado à estratégia governamental de segurança hídrica do Governo do Estado do Espírito Santo e aprovado pela Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH);
7. Fonte alternativa ao consumo de água doce do Rio Santa Maria da Vitória;
8. Contribui para o aumento da disponibilidade do Rio Santa Maria da Vitória para os demais setores da sociedade capixaba.

O projeto de dessalinização da ArcelorMittal Tubarão rompe paradigmas. A lição para o Brasil é: para cada caso, uma solução ajustada baseada em rigorosos estudos de engenharia econômica aplicados à infraestrutura hídrica.



ASSISTA AO VÍDEO 5 - Água é vida na indústria





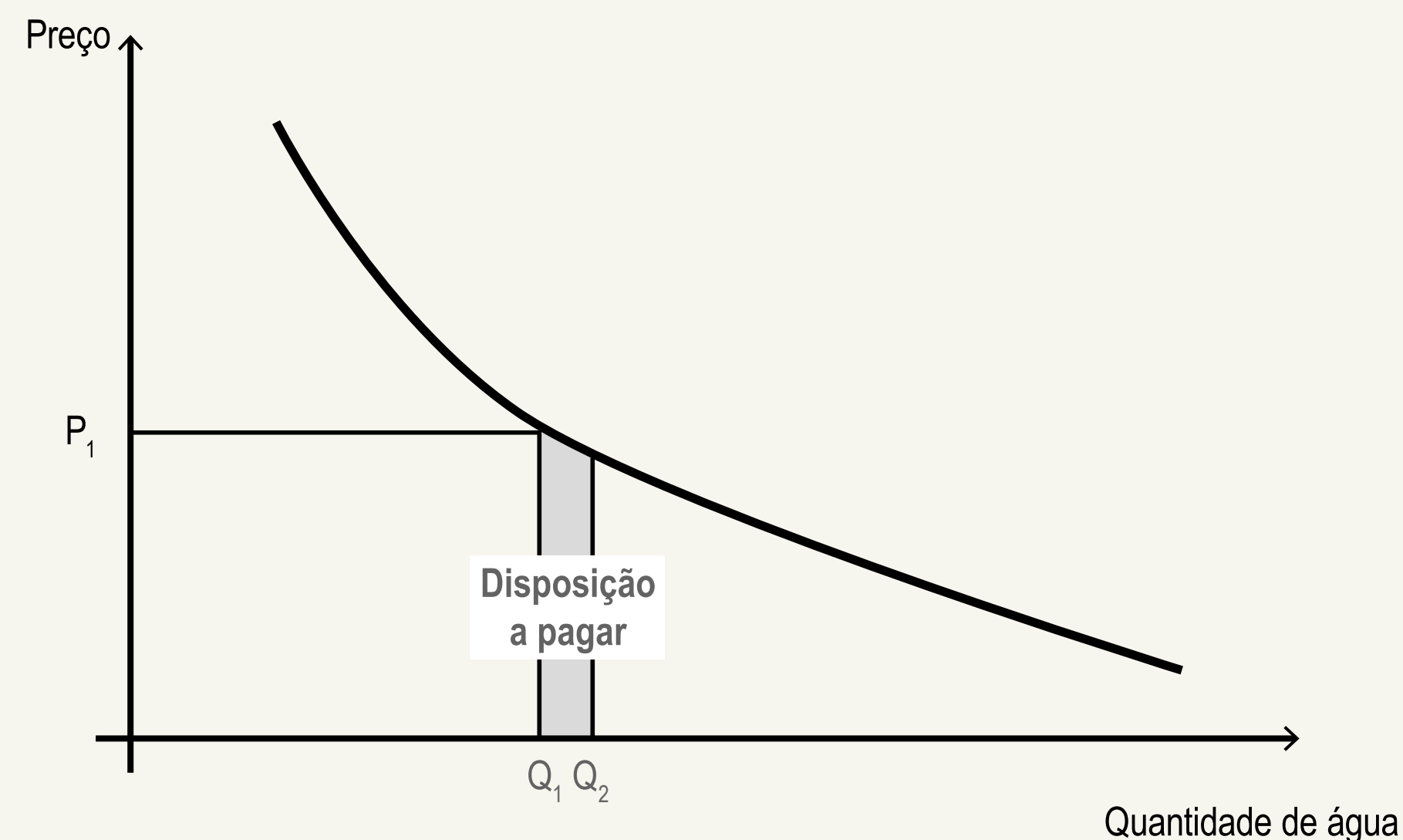
2

CURVA DE
DEMANDA
PELA ÁGUA



A curva de demanda é definida, formalmente, como o lugar dos pontos que indicam, cada um, a máxima quantidade (Q) de água que comprará a coletividade, em uma unidade de tempo, a um preço determinado (P). Representa, pois, a tentativa de relacionar a intensidade da procura, em uma unidade de tempo. Dessa forma, ao preço P_1 (R\$/m³) seria demandado Q_1 (milhões de m³), conforme a figura 15.

FIGURA 15 – Curva de demanda pela água



Para qualquer nível de consumo a curva de demanda representa, também, a disposição do consumidor em pagar. Esta decresce com o consumo, resultando na declividade negativa da curva de demanda. A disposição de aumentar o consumo de Q_1 para Q_2 é igual a área sombreada na figura 15. A disposição a pagar, do consumidor, por todo o volume Q_2 é toda área abaixo da curva de demanda, limitada pelas ordenadas zero e Q_2 . Adicionando as curvas de demandas individuais, podemos compor a curva de demanda da coletividade. Neste caso, aquela área poderia ser interpretada, também, como a valoração econômica que a sociedade reconhece ao bem.

2.1 ELASTICIDADE DA DEMANDA

Há divergências a respeito da reação da demanda de água para o consumo residencial quando se altera o seu preço. Porém, o economista Alfred Marshall³¹, que criou o conceito de elasticidade-preço da demanda, ajuda-nos a entendê-lo. O conceito da elasticidade-preço é utilizado para descrever uma propriedade pertencente à curva da demanda. Em termos gerais, a elasticidade expressa o efeito de uma variação de preço sobre a quantidade demandada. As variações de quantidade e preço são medidas, geralmente, de forma percentual, com o fim de obter uma medida da elasticidade independente das unidades.

A elasticidade é importante, também, como indicadora de como a receita total (que é obtida pelo produto de P, preço, por Q, quantidade) se altera, quando uma queda de P induz uma elevação de Q, ao longo da curva da demanda.

A elasticidade-preço é calculada segundo a equação 4

$$e = \frac{\Delta Q / Q}{\Delta P / P} \quad \text{Equação 4}$$

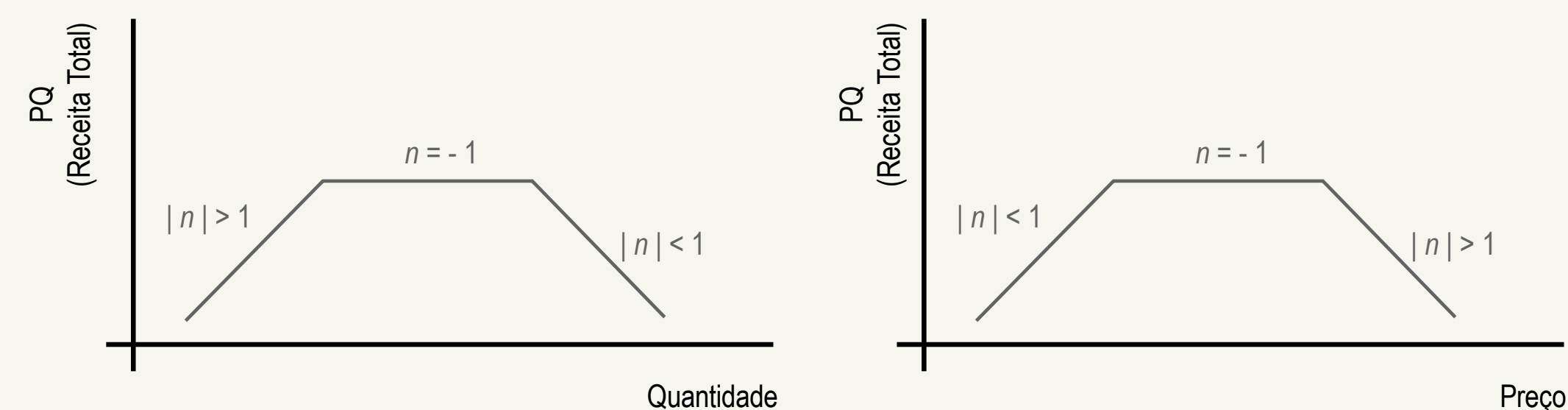
onde e é o coeficiente de elasticidade (elasticidade-preço da demanda).

Em uma curva de demanda, o campo de variação de e vai, geralmente, de zero a $-\infty$, posto que a quantidade e o preço se movem em direções con-

trárias. A elasticidade, sob o ponto de vista qualitativo, pode ser incluída em uma das três categorias seguintes:

- Quando uma redução de P eleva Q a ponto de aumentar a receita total, trata-se de demanda elástica, ou seja $|e| > 1$;
- Quando uma redução de P resulta em uma elevação de Q exatamente compensadora, a ponto de deixar inalterada a receita total, trata-se de uma elasticidade da procura unitária, ou seja, $|e| = 1$;
- Quando uma redução percentual de P invoca um aumento percentual de Q tão pequeno que a receita total (P x Q) cai, trata-se de demanda inelástica, ou seja, $|e| < 1$. Essas relações podem ser melhor entendidas por meio da observação de como varia a receita total às alterações nas quantidades ofertadas, ou nos preços, para os tramos elásticos e inelásticos. Essa tarefa é auxiliada pela figura 16.

FIGURA 16 – Variação da receita total com o preço e a quantidade



Nota: figura redesenhada pelo autor.

Observa-se que a elasticidade-preço não é a declividade da curva de demanda. Uma curva de demanda linear apresenta tramos elásticos. Caminhando sobre a curva de demanda, no sentido do crescimento dos preços, a elasticidade vai decrescendo, tendendo a $-\infty$. Na outra direção, a elasticidade vai crescendo, tendendo a zero. Temos aí duas assíntotas perpendiculares. É impositiva que alta inelasticidade seja observada no tramo de baixos consumos. Nesta faixa, o usuário estaria atendendo aos usos imprescindíveis para sua saúde e conforto. Daí sua menor retração de consumo às variações nos preços. Indo para as zonas de altos consumos, a situação se inverte. As demandas não seriam essenciais e o usuário estaria disposto a frear seu impulso de consumo a moderadas alterações nos preços. Estar-se-ia no tramo elástico da curva de demanda.

Curioso saber que, no caso de um monopólio, pode-se afirmar, sem ter conhecimento algum das curvas de custos do sistema de distribuição, que este nunca funcionará no tramo inelástico de sua curva de demanda. A receita, para qualquer preço deste tramo, será sempre menor do que se poderia obter com um preço mais alto, não obstante, o correspondente aumento dos custos de produção.

Os valores de elasticidade-preço da demanda por água apresentam uma considerável faixa de variação. Entretanto, valores de e oscilando entre -0,3 e -0,5 são usualmente utilizados em estudos de consumo residencial de água. Ora, para o $e = -0,3$, significa que para aumentos de 100% no preço da água

haveria uma diminuição no consumo da ordem de 30%. Há uma discussão inconclusa sobre qual preço deveria ser usado para estudar a reação do consumidor: se o custo médio, se o custo marginal, ou se um “preço diferença”, este medindo a diferença entre o valor cobrado na conta de água e o valor da conta ao preço marginal.

As demandas domésticas (internas, como dessedentação humana, asseio pessoal, lavagem de utensílios domésticos e roupas, limpezas internas, preparo de alimentos, entre outras) são relativamente inelásticas com respeito ao preço. As demandas para uso menos nobres (externas, tal como lavagem de carros e calçadas, rega de jardins, entre outras) seriam, na média, elásticas com relação ao preço. Os autores comentam que valores usuais de e , em torno de -0,4, refletem uma média ponderada dos dois tipos de uso. As variáveis que explicaram o consumo residencial interno foram: valor de mercado da residência; número de pessoas por casa; idade da casa; pressão média de serviço da água; e preço da água. Para as demandas externas foram: máxima vazão diária para rega; área irrigada; evapotranspiração da região no verão; máxima evapotranspiração diária; e precipitação média da região no verão. Assinala-se abaixo algumas reflexões de estudos realizados nos EUA contidos na tese de doutorado³² do autor, publicada em 2001:

- a) Para as demandas internas, a elasticidade da água foi, na média, de $e = -0,23$, ou seja, para elevação no preço de 100%, a redução no consumo de água seria de apenas 23%;

b) Para as demandas externas para a época do verão, a elasticidade foi, na média, de $e = -0,7$ para a região oeste, e $\eta = -1,6$ para a leste; essa informação expõe a significativa diferença entre as respostas existentes entre as regiões árida (oeste) e úmida (leste), ou seja, no oeste (zona árida) a máxima demanda diária para uso externo não responde a alterações nas mudanças de preço, enquanto que na região leste tal resposta é elevada;

Uma das dificuldades de implantação do preço como um indicador de um consumo mais eficiente ocorre, pois certamente a maioria dos consumidores ainda não estabelece relação clara entre suas atividades diárias e a respectiva quantidade de água consumida. Pode-se identificar três estágios na reação do consumidor a um anúncio de aumento de preços. No primeiro momento, o consumidor fica sabendo que as tarifas foram reajustadas. A impressão que cada usuário faz das novas tarifas pode ser superestimada ou subestimada, com evidente efeito sobre seu novo padrão de consumo. No segundo estágio, o consumidor receberá a primeira conta de água com as novas tarifas e poderá verificar o efeito do aumento do preço da água sobre sua economia doméstica. Se for considerada alta, haverá aumento no esforço para a redução do consumo. Se não, os esforços podem ser mantidos ou abandonados. Finalmente, no terceiro estágio, o decréscimo no consumo apresentado na próxima conta possibilitará ao consumidor fazer um julgamento do preço da água em relação ao atendimento de suas necessidades. Considerável tempo pode ser preciso para que o consumidor se ajuste completamente.

Em qualquer ponto desse processo, o consumidor pode entender que sobrestimou o preço marginal, e poderá sentir-se estimulado a abandonar o esforço. Todavia, geralmente é esperado que o efeito do aumento no preço seja maior no longo prazo que no curto, pois o primeiro esforço será menor. Quando a recompensa chegar, intensificar-se-ão as medidas de conservação. Entretanto, se houver um aumento inicial acentuado, é possível que se encontre retrações maiores a curto prazo.

2.2 CAPACIDADE DE PAGAMENTO

A **capacidade de pagamento** é a quantidade de recurso financeiro que o usuário de água está disposto e é capaz de pagar para ter direito a certo volume de água, em certa localidade e intervalo de tempo, com a qualidade requerida. A expressão “capacidade de pagamento” aparece quatro vezes no Novo Marco Legal do Saneamento (Lei Nº 14.026/2020)³³ seguida da expressão “modicidade tarifária”, que aparece cinco vezes no texto legal. O texto legal determina a necessidade de:

[...] definir tarifas que assegurem tanto o equilíbrio econômico-financeiro dos contratos quanto a **modicidade tarifária**, por mecanismos que gerem eficiência e eficácia dos serviços e que permitam o compartilhamento dos ganhos de produtividade com os usuários;

[E] que [...] poderão ser adotados subsídios tarifários e não tarifários para os usuários que não tenham **capacidade de pagamento** suficiente para cobrir o custo integral dos serviços.

A capacidade de pagamento varia entre cada setor de usuário. O usuário residencial é caracterizado por pequenos volumes de água [10-25 m³/mês, por exemplo, para uma família com quatro pessoas] e alta qualidade porque toda a água tem padrão de potabilidade. Assim, a capacidade de pagamento deste setor é a mais alta porque se trata daquela água essencial, água para beber, água para o banho, água para o cozimento de alimentos e água para a higiene dos ambientes. É o tipo de consumo cuja elasticidade da demanda é, praticamente, inelástica. Já a água para o jardim ou para a piscina está no tramo elástico da curva da demanda. Por esta razão, o setor de saneamento para uso residencial tem maior capacidade de pagamento. A tabela 6 mostra as tarifas praticadas no Estado do Mato Grosso, em 2020, pela concessionária AEGEA Águas de Guarantã. Observar que se trata de tarifa de água tratada, muito diferente de água bruta.



ASSISTA AO VÍDEO 6 - Capacidade de pagamento pela água



TABELA 6 – Tarifa de água e esgoto da empresa AEGEA no Estado do Mato Grosso (dezembro de 2020)³⁴

Estrutura Tarifária	Faixa de Consumo	Tarifa Água (R\$/m ³)	Tarifa Esgoto (R\$/m ³)
Residencial	0 – 10	2,49	2,24
	11 – 20	3,74	3,36
	21 – 30	5,23	4,71
	acima de 30	6,80	6,13
Comercial	0 – 10	5,80	5,23
	acima de 10	8,72	7,84
Pública	0 – 10	6,60	5,95
	acima de 10	10,76	9,69
Industrial	0 – 10	6,80	6,13
	acima de 10	10,08	9,09

Nota: tabela redesenhada pelo autor.

A irrigação tem uma capacidade de pagamento por cada metro cúbico muito menor que o usuário residencial. A irrigação caracteriza-se por elevado volume por hectare, as exigências de qualidade são inferiores às do setor residencial e ainda há o custo de fornecer água na área irrigada a partir do ponto de captação. Se for aplicada uma lâmina de 90 mm de irrigação por ano, isso representa 900 m³ por hectare/ano. O que ocorreria se aplicássemos à irrigação a tarifa de R\$ 6,13/m³ do setor residencial, conforme consta na tabela 6? Ora, daria uma despesa de R\$ 5.517 por hectare/ano. Nenhuma produção agrícola no mundo é capaz de suportar tal custo.

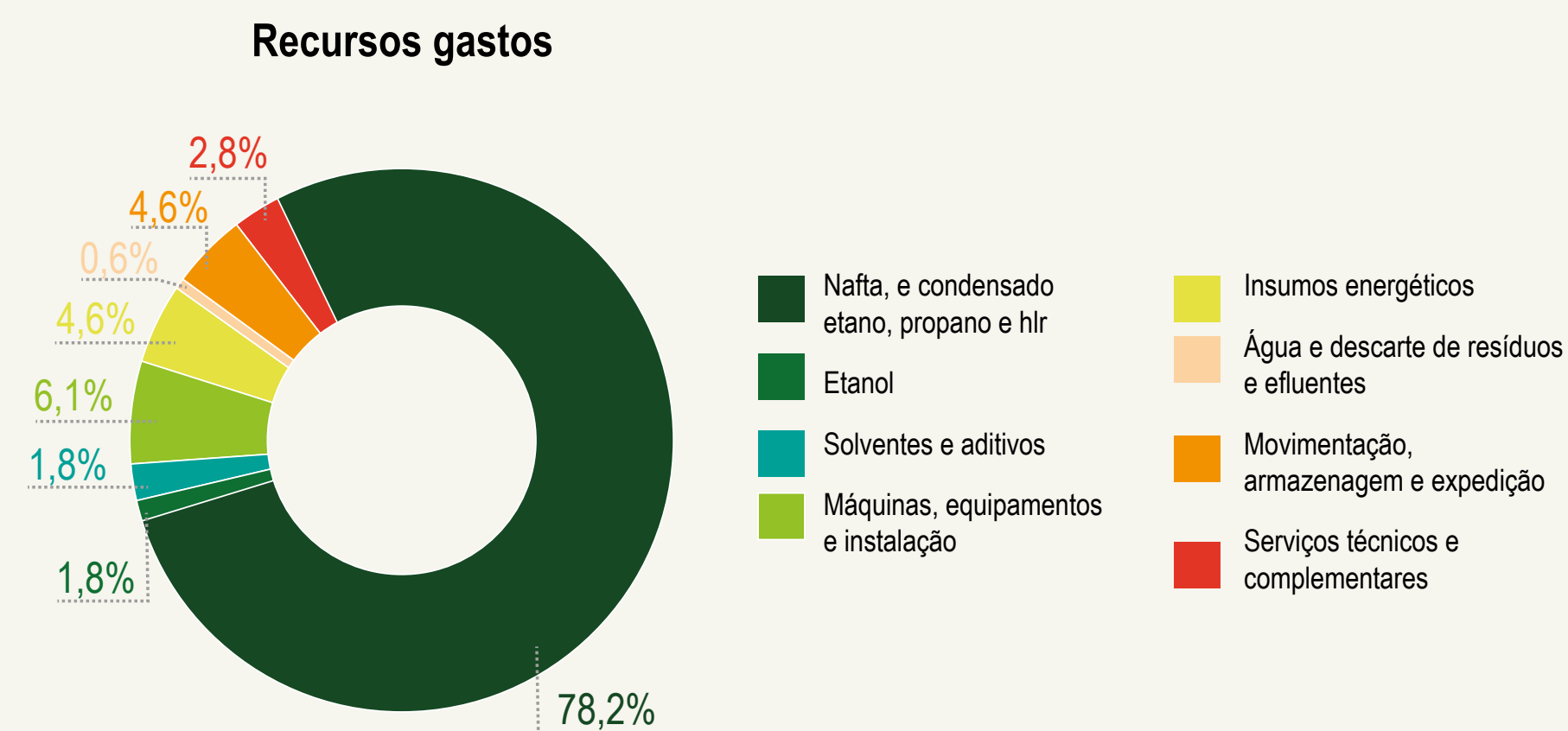
Faço aqui uma curta narrativa de uma experiência pessoal no setor de agricultura. Nos anos recentes, no período chuvoso, eu tenho me dedicado à produção de milho no município de Tanque D'Árca, em Alagoas. Uma parte da produção é dedicada ao milho verde e a outra parte para produzir o grão seco que será vendido para alimentação animal. Nesta atividade, eu tenho obtido um lucro anual de R\$ 2.000 até 2.500 por hectare, dependendo do regime da chuva, da produtividade e do preço do milho no mercado. Como seria pagar R\$ 5.517 por hectare/ano pela oferta de água para essa minha atividade agrícola? Seria impossível. É mais um exemplo de que a capacidade de pagamento da irrigação é muito menor que a capacidade de pagamento do setor residencial. Voltarei ao tema da produção de milho no capítulo 3.

E quanto à capacidade de pagamento pela água da indústria? A indústria não pode operar sem água nem por um minuto. Entretanto, para alguns setores industriais o custo com água pode representar uma parcela menor diante dos demais custos de produção. A BRASKEM³⁵, por exemplo, informou em seu relatório de 2015 que os custos com água, descarte de resíduos e efluentes equivalem a até 0,6% de seus custos de produção, conforme apresenta a figura 17.

Há, todavia, setores industriais com alto consumo hídrico em que o custo de acesso à água é impactante para os custos da operação industrial. O Estado do Ceará, enfrentando grave crise hídrica, criou, em 2017, por meio do Decreto Estadual N° 32.159, de 24 de fevereiro de 2017, o Encargo Hídrico

Emergencial, uma tarifa de contingência, a ser cobrada das indústrias termoelétricas, com valores que variaram de R\$ 3.101,39 a R\$ 2.067,59 por cada 1.000 m³. Em resposta, a Empresa ENEVA S.A.³⁶ fez um comunicado relevante ao mercado informando que o equilíbrio econômico-financeiro do contrato foi ameaçado, uma vez que o encargo extra equivale a três vezes o valor mensal praticado com o serviço de água.

FIGURA 17 – BRASKEM, Relatório Anual 2015



Nota: figura redesenhada pelo autor.

Fica a lição que cada setor – domiciliar, de irrigação ou industrial – deve analisar em detalhes, com suas idiossincrasias de custos e a natureza da escassez ou da abundância de água no local, no momento de estudar a capacidade de pagamento na definição de tarifas da água. O tema é aprofundado no item 4.2.



3 ANÁLISE DE PROJETOS DA INFRAESTRUTURA HÍDRICA

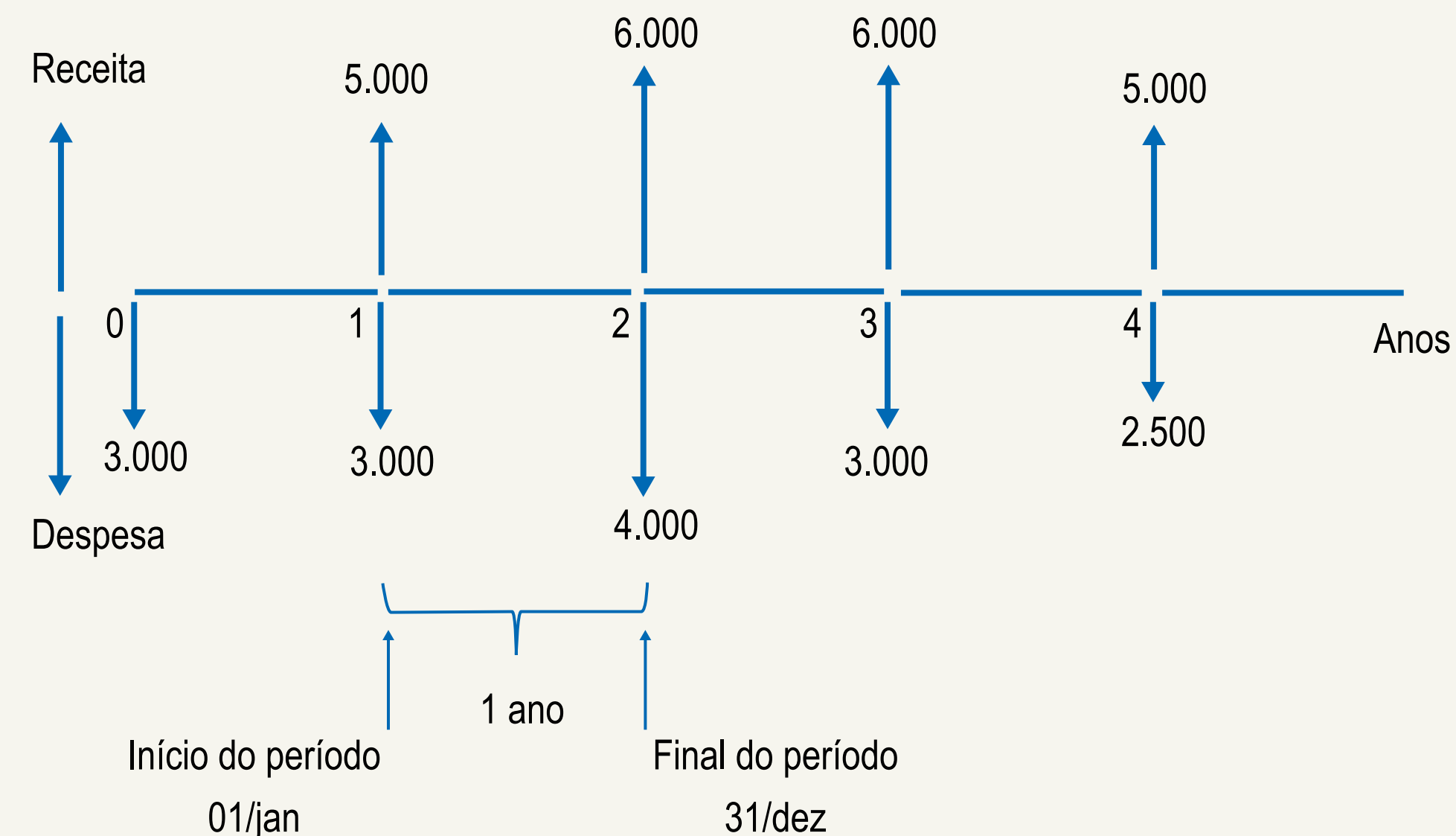


Conforme o **Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimentos em Infraestrutura**³⁷, elaborado no ano de 2020 pela Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade do Ministério da Economia, a análise custo-benefício (ACB)

[...] consiste em avaliar, de uma perspectiva *ex ante*, a contribuição líquida de um projeto de investimento para o bem estar da sociedade. O método baseia na projeção dos efeitos incrementais do projeto ao longo do seu ciclo de vida (custos e benefícios) com sua conversão para uma métrica comum – o valor monetário – possibilitando o cálculo do benefício líquido para a sociedade em valor presente.

Uma análise da contribuição líquida de um certo projeto de infraestrutura hídrica coteja benefícios gerados e custos associados – convertidos em valores monetários – e é materializado pelo **fluxo de caixa**: um diagrama no qual os fluxos de receitas (benefícios convertidos em valores monetários) e de custos são apresentados ao longo de uma linha que marca a passagem do tempo, conforme a figura 18, ou em outra forma equivalente, conforme a tabela 7.

FIGURA 18 – Diagrama do fluxo de caixa demonstrativo



Nota: figura redesenhada pelo autor.

TABELA 7 – Fluxo de caixa demonstrativo

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Receitas (R\$)		5.000	6.000	6.000	5.000
Custos (R\$)	3.000	2.000	2.000	3.000	2.500
Lucro (R\$)	-3.000	3.000	4.000	3.000	2.500
Acumulado (R\$)	-3.000	0	4.000	7.000	9.500

O fluxo de caixa apresenta quantidades monetárias em diferentes tempos. E o valor de uma quantidade monetária varia com o tempo. Uma quantidade monetária é mais valiosa hoje do que a mesma quantidade monetária no futuro. Pergunte-se: você prefere receber R\$ 100 hoje ou R\$ 100 daqui a 12 meses? Eu acredito que você escolheu receber R\$ 100 hoje. Se o valor é o mesmo, que você o tenha agora. Porque, de outra forma, se é para esperar que fosse para receber um valor maior. O adiamento da satisfação que os R\$ 100 pode promover agora exige uma compensação, que é traduzida em receber um valor monetário maior no futuro.

O mesmo pensamento pode ser feito no outro sentido. Se temos o direito a receber um montante de, digamos, R\$ 10.000 daqui a dois anos, muitos de nós estaremos dispostos a trocar essa quantidade monetária no futuro por uma quantidade menor no presente. Pergunte-se novamente: você prefere receber R\$ 10.000 daqui a dois anos ou R\$ 8.000 agora? Esta escolha entre valor monetário e o tempo exige uma base comum para avaliação.

Portanto, para as análises comparativas é necessário converter as quantidades monetárias em tempos distintos, em geral, a seu valor no presente. Quantidades monetárias em tempos distintos não podem ser comparadas diretamente. Precisam, antes, serem convertidas – descontado para o valor presente – para a mesma unidade de tempo, em geral o presente. Essa conversão é explicada a seguir. **Um aviso: os efeitos da inflação não foram considerados nos cálculos contidos neste capítulo.**

O valor presente (P) de qualquer soma de dinheiro futura (F) é a quantidade que seria necessária hoje, às taxas atuais de juros, para produzir aquela soma futura. A fórmula matemática clássica que traduz essa definição e relaciona o valor futuro com o valor presente (figura 19), para os juros compostos, é

$$F = P \cdot (1 + \text{taxa de juros})^N \tag{Equação 5}$$

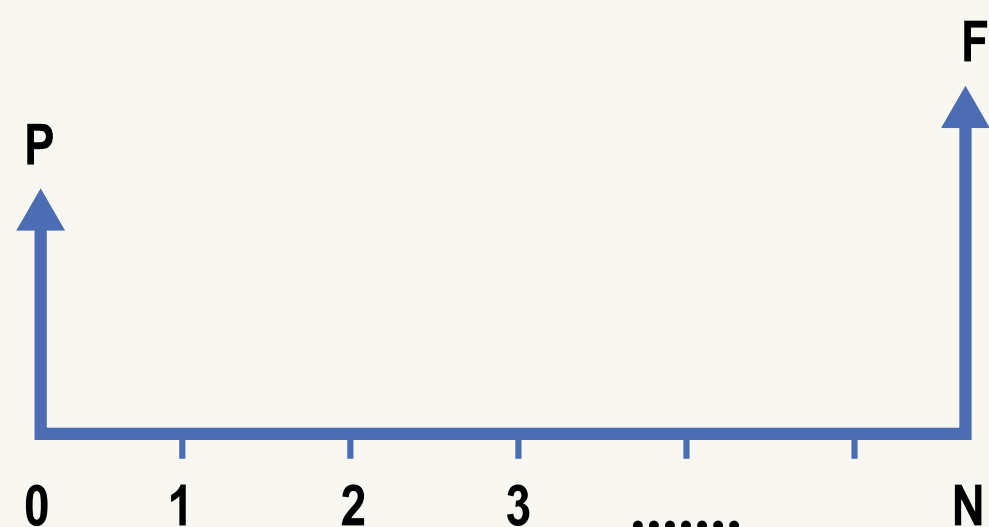
F: Quantidade monetária no futuro (R\$)

P: Quantidade monetária no presente (R\$)

Taxa de juros: taxa de juros no período analisado (% ao mês ou ao ano)

N: Número de períodos (meses ou anos)

FIGURA 19 – Representação gráfica dos valores presente e futuro



Uma **hipótese** muito importante de ser percebida, e usada em toda a extensão deste livro, é que qualquer receita ou custo dentro de um período é, para efeito de cálculo, considerado que ocorre no final do período. De outra forma, tornaria os cálculos excessivamente complexos para o fim desejado.

EXEMPLO

Se você tem R\$ 100 hoje em uma conta bancária, quanto isso valerá em 10 anos, se for aplicada uma taxa de juros (rentabilidade) de 5% ao ano a esta quantidade monetária?

Usando a equação 5, tem-se que:

$$F = 100 \cdot (1+5\%)^{10}$$

$$F = 100 \cdot (1,05)^{10}$$

$$F = 162,89$$

Resposta: R\$ 100 hoje equivalem a R\$ 162,89 daqui a dez anos para uma taxa de juros de 5% ao ano.

EXEMPLO

Você faz um depósito inicial de R\$ 5.000,00 em uma aplicação bancária. Considere que a rentabilidade da aplicação será de 1,0 % am. Quanto você terá nesta aplicação após 24 meses?

Usando a equação 5, tem-se que:

$$F = 5.000 \cdot (1+1\%)^{24}$$

$$F = 5.00 \cdot (1,01)^{24}$$

$$F = 6.348,67$$

Resposta: sua aplicação de R\$ 5.000 valerá a R\$ 6.348,67 daqui a 24 meses para uma rentabilidade (taxa de juros) de 1% ao mês.

Também é muito útil transformar uma taxa de juros ao mês para uma taxa de juros ao ano, ou vice-versa. A equação 6 define esta relação.

$$(1 + Taxa \text{ de juros}_{\text{ ao ano}}) = (1 + Taxa \text{ de juros}_{\text{ ao mês}})^{12} \tag{Equação 6}$$

EXEMPLO

Qual a taxa de juros mensal equivalente a uma taxa de juros anual de 12%?

Usando a equação 6, tem-se que:

$$\begin{aligned} (1 + Taxa \text{ de juros}_{ao \text{ ano}}) &= (1 + Taxa \text{ de juros}_{ao \text{ mês}})^{12} \\ (1 + 12\%) &= (1 + Taxa \text{ de juros}_{ao \text{ mês}})^{12} \\ (1,12) &= (1 + Taxa \text{ de juros}_{ao \text{ mês}})^{12} \\ (1,12)^{(1/12)} &= 1 + Taxa \text{ de juros}_{ao \text{ mês}} \\ Taxa_{ao \text{ mês}} &= (1,12)^{(1/12)} - 1 \\ Taxa_{ao \text{ mês}} &= 0,9489\% \end{aligned}$$

Resposta: uma taxa de juros mensal de 0,9489% equivale a uma taxa de juros anual de 12%. Como se trata de juros compostos, não causa espanto perceber que uma taxa anual de 12% não é igual a uma taxa mensal de 1%.

A apresentação clássica da **taxa de juros** foi feita acima. Um diálogo contemporâneo, entretanto, exige alertar que, conforme a SERASA³⁸, “os juros são apenas uma parte que compõe o valor da contratação de um serviço”. Assim, a **taxa de juros**, para reproduzir com exatidão os cálculos dos agentes financeiros, deve ser o **CET** (Custo Efetivo Total do serviço). O **CET** é a soma de taxas de juros, tributos, tarifas, gravames, IOF, registros, seguros e demais custos do contrato. O **CET** é, em geral, apresentado como um percentual (%) anual.

EXEMPLO

Você decide irrigar um pequeno projeto de produção de milho. Foi estabelecida a meta de produzir 1.000 sacos de 60 kg. O preço de venda é de R\$ 60 por saco de 60 kg. Qual o valor no presente desta receita futura que ocorrerá daqui a 6 meses? Considere o CET de 0,8% ao mês?

Usando a equação 5, tem-se que:

$$\begin{aligned} F &= P \cdot (1 + CET)^8 \\ 60 \cdot 1.000 &= P \cdot (1 + 0,8\%)^6 \\ 60.000 &= P \cdot (1,008)^6 \\ P &= 57.198,95 \end{aligned}$$

Resposta: uma receita de R\$ 60.000 daqui a 6 meses equivale, no presente, para uma CET de 0,8% ao mês, a R\$ 57.198,95.

3.1 TERMOS TÉCNICOS DAS OPERAÇÕES FINANCEIRAS

Conforme explicado no prólogo, este livro foi criado com o objetivo de capacitar o leitor a compreender e realizar os cálculos para as operações financeiras de recursos onerosos, de empréstimos internacionais e de recursos captados no mercado nas condições contratuais. Os conceitos das contratações financeiras são intrínsecos e parte fundamental da engenharia econô-

mica. A seguir, alguns desses conceitos são apresentados conforme sentido usado por agentes financiadores.

- **Valor presente** – O montante de dinheiro que seria necessário hoje para produzir, usando uma taxa de juros atual, certo montante de dinheiro no futuro.
- **Valor futuro** – O montante de dinheiro no futuro que um montante de dinheiro hoje irá render, dada a atual taxa de juros.
- **Juro** – Representa o pagamento no futuro por uma transferência de dinheiro no passado.
- **Valor descontado para o presente** – É um valor monetário atualizado para o presente, conforme a regra da equação 5.
- **Amortização** – O termo “amortização” significa reduzir gradativamente uma dívida – conhecida como o principal – abatendo parte dela em parcelas, ao longo do tempo. Dessa forma, a amortização do financiamento nada mais é do que o seu pagamento periódico, dentro do prazo previsto, com a finalidade de reduzir o montante total da dívida³⁹.
- **Prazo de carência** – É o período durante o qual o cliente paga somente os juros do financiamento contratado. Geralmente, é definido de forma que o

término da carência ocorra após a data de entrada em operação comercial do empreendimento.

- **Prazo de amortização** – É o período, após o prazo de carência, durante o qual o cliente realiza os pagamentos de amortização do financiamento contratado, além dos juros incidentes.
- **Periodicidade de pagamentos** – A periodicidade de pagamentos normalmente é mensal. Alguns programas de financiamento poderão ter periodicidade trimestral ou semestral. Em geral, o BNDES, por exemplo, utiliza o Sistema de Amortização Constante (SAC), mas admite-se, em alguns casos, o Sistema Francês (PRICE). Conforme o banco CAIXA⁴⁰, as principais diferenças entre SAC e PRICE são:
 - **Tabela SAC** – O valor da parcela do encargo mensal para amortizar o financiamento é constante e a parcela de juros é decrescente. Assim, o valor do encargo mensal diminui ao longo do tempo.
 - **Tabela PRICE** – O valor da parcela do encargo mensal para amortizar o financiamento é crescente e a parcela de juros é decrescente, sendo o encargo mensal constante durante o prazo contratado.
- **Valor da parcela (prestação)** – O valor da parcela (prestação) é composto por uma parcela de juros e outra parcela de amortização. Assim, apenas

uma parte do valor pago é usada para reduzir o montante da dívida. Esses conceitos estão esmiuçados nos exemplos contidos neste capítulo.

3.2 CÁLCULOS DO FINANCIAMENTO DA INFRAESTRUTURA HÍDRICA

Uma corriqueira equivalência temporal, indispensável às operações financeiras, dá-se entre um valor no presente (P) e um fluxo uniforme de pagamentos (A) em intervalos regulares de tempo. De outra maneira, serve para calcular o valor de uma prestação uniforme (A) ao longo do período de amortização diante de um financiamento solicitado de valor (P).

A fórmula matemática que estabelece essa equivalência é:

$$P = A \cdot \frac{(1 + Taxa\ de\ juros)^N - 1}{Taxa\ de\ juros \cdot (1 + Taxa\ de\ juros)^N} \quad \text{Equação 7}$$

P: Quantidade de dinheiro no presente (R\$)

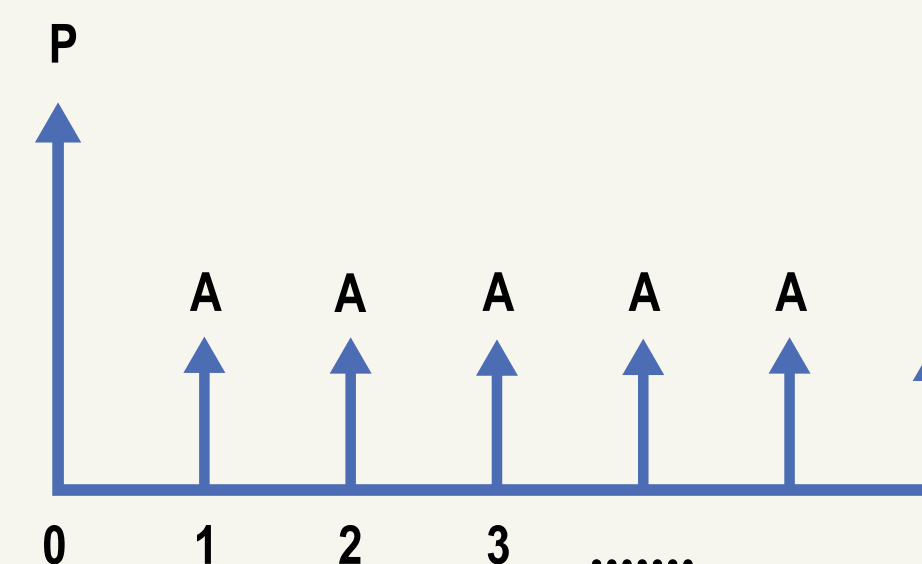
A: Parcela uniforme de pagamento em intervalos de tempo regulares

Taxa de juros: Taxa de juros do período (% , ao ano ou ao mês)

N: Número de períodos (meses ou anos)

A figura 20 ilustra essa equivalência. Em outras palavras, uma dívida de valor P é equivalente a N pagamentos/prestações de valor (A), conforme relação estabelecida pela equação 7. Observar que o pagamento da primeira parcela (A) dar-se-á no final do primeiro período de tempo, em geral, o mês.

FIGURA 20 – Fluxo de pagamento uniforme(A) equivalente ao valor P no presente



EXEMPLO

Você decide financiar a construção de uma ETE compacta para sua fábrica de laticínios. O investimento de R\$ 400 mil será financiado por uma operação bancária com prazo de amortização de 36 meses e um CET de 1% ao mês. As parcelas do pagamento do financiamento serão fixas pelo sistema PRICE. Qual o valor das 36 parcelas mensais deste financiamento?

Usando a equação 7, tem-se que

$$P = A \cdot \frac{(1 + CET)^N - 1}{CET \cdot (1 + CET)^N}$$

$$400.000 = A \cdot \frac{(1 + 1\%)^{36} - 1}{1\% \cdot (1 + 1\%)^{36}}$$

$$400.000 = A \cdot \frac{(1,01)^{36} - 1}{0,01 \cdot (1,01)^{36}}$$

$$400.000 = A \cdot 30,10751$$

$$A = 13.285,72$$

Resposta: na hipótese de haver sido contratada uma operação bancária de R\$ 400 mil, a amortização da dívida se dará pelo pagamento de 36 mensalidades (prestações) de R\$ 13.285,72, para uma CET de 1% ao mês, sem período de carência. Com a primeira parcela a ser paga no final do primeiro mês do financiamento.

Dentro de uma operação de financiamento, a transferência financeira, em parcelas, do agente financiador para o tomador do empréstimo é uma situação corriqueira. Portanto, a amortização do principal (valor contraído no empréstimo) e juros e demais despesas associadas são realizadas correlacionadas aos valores financeiros dos desembolsos parciais. Não se inicia a fase de amortização do financiamento pagando parcelas que correspondam ao valor total do financiamento e, sim, em estrita correlação e observância aos valores financeiros liberados em parcelas ao longo da vigência do financiamento. Sem esquecer de atentar para o tempo de carência e demais características dos contratos. Ao longo do capítulo, por ausência de informações financeiras

minuciosas e, também, para simplificação dos exercícios numéricos, os cálculos de amortização são feitos para o valor total do financiamento.

3.3 VALOR ANUAL EQUIVALENTE (VAE)

O **Valor Anual Equivalente (VAE)** é um critério usado largamente para comparar projetos por meio do uso da equivalência de pagamentos anuais. Traduzido em passos: a) o fluxo de caixa é descontado para o valor presente; após essa etapa, b) o montante será convertido em um pagamento anual equivalente. Esse critério é muito útil para comparar diferentes alternativas e para o cálculo do custo médio de produção de algumas operações. Vejamos alguns exemplos para esclarecer o conceito.

A SITUAÇÃO

Análise de uma Estação de Tratamento de Efluentes. A Companhia Rio-grandense de Saneamento (CORSAN)⁴¹, em julho de 2020, publicou em seu site que a ETE Santa Terezinha, em Canela, representou um investimento no valor de R\$ 24.497.450,00. O investimento incluiu o fornecimento, construção, instalação e operação assistida de uma ETE pré-fabricada compacta. A estação tem capacidade de tratar 90 Litros por segundo (L/s), por meio de dois módulos de 45 Litros/s cada.

Qual o custo com o tratamento do efluente por m³?

A SIMULAÇÃO

Admitindo a vida útil e o período de análise de 25 anos e admitindo que esse investimento foi financiado por um CET de 8% ao ano e usando a equação 7, tem-se que:

$$P = A \cdot \frac{(1 + CET)^N - 1}{CET \cdot (1 + CET)^N}$$

$$24.497.450 = A \cdot \frac{(1 + 8\%)^{25} - 1}{8\% \cdot (1 + 8\%)^{25}}$$

$$24.497.450 = A \cdot 10,6747$$

$$A = VAE = 2.294.891,21$$

Assim, o **A** representa o **Valor Equivalente Anual (VAE)** do investimento da CORSAN, que é de R\$ 2.249.891,21.

O objetivo de fazer o cálculo é mostrar ao leitor que o uso das equações é simples. Entretanto, há softwares que realizam esses cálculos de forma fácil e rápida. Neste livro, usamos para esses cálculos o software **EXCEL®**. O leitor não terá dificuldade alguma de usar outro software de preferência sem perder a continuidade do estudo contido neste livro.

No **EXCEL®**, a função PGTO calcula o pagamento de um empréstimo com base em pagamentos constantes para uma taxa de juros fixa, que é o valor de **A** na equação 7. A figura 21 exhibe o uso da função PGTO no **EXCEL®** para o caso acima simulado.

FIGURA 21 – Uso da função PGTO no EXCEL para o estudo de uma ETE

	A	B	C
1			
2		P	24.497.450,00
3		CET	8%
4		N	25
5		A	=PGTO(C3;C4;C2)

	A	B	C
1			
2		P	24.497.450,00
3		CET	8%
4		N	25
5		A	(\$2.294.891,21)

Como a ETE é capaz de tratar 90 L/s (igual a 2.838.240 m³/ano) o **VAE** para cada metro cúbico tratado é de:

$$\frac{VAE (R\$)}{m^3} = \frac{2.294.891,21}{2.838.240}$$

$$\frac{VAE (R\$)}{m^3} = 0,81$$

Observe que o **VAE** no exemplo tratado expressa apenas os custos com fornecimento, construção, instalação e operação assistida. Uma forma inteligente de interpretar o **VAE** por cada metro cúbico tratado é lembrar que se a CORSAN receber de seus consumidores o valor R\$ 0,81 por cada metro cúbico de esgoto tratado estará gerando receita para pagar, apenas, o financiamento simulado acima.

Observação: os cálculos apresentados neste quadro não buscaram reproduzir, de forma alguma, as condições originais da análise e dos contratos que impulsionaram os empreendimentos analisados. Os dados disponíveis e utilizados são insuficientes para descrever a totalidade das análises realizadas pelos empreendedores ou agentes financeiros. Buscou-se usar dados que descrevem, ainda que parcialmente, empreendimentos reais para produzir um efeito didático que desperte e aguce o interesse do leitor por esse tipo de análise aplicada ao setor de infraestrutura hídrica.

A SITUAÇÃO

Análise de uma usina hidrelétrica. A Usina Hidrelétrica (UHE) de Dardanelos foi construída no rio Aripuanã, no Estado de Mato Grosso⁴². O empreendimento tem a melhor relação área inundada e quantidade de energia gerada no Brasil. Para uma capacidade instalada de 261 MW tem um reservatório de 0,24 km². O empreendimento contou com um investimento de R\$ 745 milhões.

Qual o valor do **VAE** do investimento para este empreendimento, admitindo-se um período de análise de 50 anos e CET de 8% ao ano?

A SIMULAÇÃO

O cálculo do **VAE** do investimento é realizado com o uso da equação 7, daí tem-se:

$$P = A \cdot \frac{(1 + \text{Taxa de juros})^N - 1}{\text{Taxa de juros} \cdot (1 + \text{Taxa de juros})^N}$$

$$745.000.000 = A \cdot \frac{(1 + 8\%)^{50} - 1}{8\% \cdot (1 + 8\%)^{50}}$$

$$A = \text{VAE} = 60.898.429,33$$

Como a UHE tem capacidade instalada de 261 MW, admitindo-se que a geração corresponda a 80% do potencial (MWh/ano), o **VAE** por MWh seria de

$$\frac{\text{VAE (R\$)}}{\text{MWh}} = \frac{60.898.429,33}{261 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 80\%}$$

$$\frac{\text{VAE (R\$)}}{\text{MWh}} = 33,29$$

Assim, cada MWh, conforme as condições assumidas, custa R\$ 33,29.

Observação: os cálculos apresentados neste quadro não buscaram reproduzir, de forma alguma, as condições originais da análise e dos contratos que impulsionaram os empreendimentos analisados. Os dados disponíveis e utilizados são insuficientes para descrever a totalidade das análises realizadas pelos empreendedores ou agentes financeiros. Buscou-se usar dados que descrevem, ainda que parcialmente, empreendimentos reais para produzir um efeito didático que desperte e aguce o interesse do leitor por esse tipo de análise aplicada ao setor de infraestrutura hídrica.

A SITUAÇÃO

Análise da Barragem Duas Pontes.^{43, 44, 45} A Barragem Duas Pontes será implantada no rio Camanducaia, na área do município paulista de Amparo. Assim como na Barragem Pedreira, a implantação das barragens tem como objetivo

principal aumentar a disponibilidade hídrica, permitindo o fornecimento de água de forma mais segura à população dos municípios que se abastecem a jusante dos barramentos, principalmente em época de estiagem prolongada. O investimento previsto para sua execução é de R\$ 196.096.074,91. Conforme o projeto, a vazão regularizada será de 8,7 m³/s. Há outros R\$ 75 milhões destinados à desapropriação da área de influência da barragem, assim o investimento agregado será de R\$ 271.096.074,91.

Qual o valor do **VAE** do investimento para esse empreendimento admitindo para um período de análise de 50 anos e CET de 8% ao ano?

A SIMULAÇÃO

O cálculo do **VAE** do investimento é realizado com o uso da equação 7, daí tem-se:

$$P = A \cdot \frac{(1 + \text{Taxa de juros})^N - 1}{\text{Taxa de juros} \cdot (1 + \text{Taxa de juros})^N}$$

$$196.096.074,91 = A \cdot \frac{(1 + 8\%)^{50} - 1}{8\% \cdot (1 + 8\%)^{50}}$$

$$A = \text{VAE} = 22.160.168,00$$

O custo médio do m³ será obtido pela razão estabelecido a seguir:

$$\text{Custo médio do m}^3 \text{ regularizado } \left(\frac{\text{R\$}}{\text{m}^3} \right) = \frac{22.160.168,00}{8,7 \cdot 86400 \cdot 365}$$

$$\text{Custo médio do m}^3 \text{ regularizado } \left(\frac{\text{R\$}}{\text{m}^3} \right) = 0,08$$

$$\text{Custo médio (R\$/1.000 m}^3) \text{ regularizado} = 80,76$$

Assim, cada 1.000 m³, conforme as condições assumidas, custará R\$ 80,76.

Na figura 22, o cálculo é feito com o uso do software EXCEL®.

FIGURA 22 – Uso da função PGTO no EXCEL para estudo de um reservatório

	A	B	C	D
1				
2		P	271.096.074,91	
3		N	50	
4		i	8%	
5				
6		A	=PGTO(C4;C3;C2)	
7				

	A	B	C	D
1				
2		P	271.096.074,91	
3		N	50	
4		i	8%	
5				
6		A	(\$22.160.168,00)	
7				

A rigor, a vazão regularizada que deve ser utilizada é a incremental, ou seja, a vazão regularizada subtraída da vazão mínima sem reservatório.

Observação: os cálculos apresentados neste quadro não buscaram reproduzir, de forma alguma, as condições originais da análise e dos contratos que impulsionaram os empreendimentos analisados. Os dados disponíveis e utilizados são insuficientes para descrever a totalidade das análises realizadas pelos empreendedores ou agentes financeiros. Buscou-se usar dados que descrevem, ainda que parcialmente, empreendimentos reais para produzir um efeito didático que desperte e aguace o interesse do leitor por esse tipo de análise aplicada ao setor de infraestrutura hídrica.

A SITUAÇÃO

Análise da Pequena Central Hidrelétrica (PCH). O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) aprovou financiamento de R\$ 56,7 milhões para a Salto Jauru Energética S/A⁴⁶ para a construção da Pequena Central Hidrelétrica (PCH). A usina, em Mato Grosso, terá capacidade de geração de 19 megawatts (MW) e linha de transmissão associada para conexão ao sistema elétrico de distribuição da Centrais Elétricas Matogrossenses (CEMAT). O crédito do BNDES equivale a 74,4% do investimento total, de R\$ 71,7 milhões. Suponhamos que a taxa de juros final do financiamento foi de 8% ao ano e o prazo de amortização foi de 10 anos. Admitiu-se que o financiamento não teve prazo de carência.

Qual valor mensal dos juros, do valor da amortização e das prestações mensais do financiamento pelos Sistemas PRICE e SAC?

A SIMULAÇÃO

O cálculo da taxa de juros equivalente é realizado com o uso da equação 6, daí tem-se:

$$(1 + Taxa_{ao\ ano}) = (1 + Taxa_{ao\ mês})^{12}$$

$$(1 + 8\%) = (1 + Taxa_{ao\ mês})^{12}$$

$$Taxa_{ao\ mês} = 0,6434\%$$

Na sequência, a tabela 8 contém os cálculos dos juros, amortizações e prestações, com as operações matemáticas entre as colunas comentadas logo abaixo.

TABELA 8 – Amortização pelo Sistema SAC para uma PCH

Sistema SAC				
Mês	Juros (1)	Amortização (2)	Prestação (3)	Saldo Devedor (4)
Mês Inicial				56.700.000,00
Mês 1	364.809,51	472.500,00	837.309,51	56.227.500,00
Mês 2	361.769,43	472.500,00	834.269,43	55.755.000,00
Mês 3	358.729,35	472.500,00	831.229,35	55.282.500,00
Mês 4	355.689,27	472.500,00	828.189,27	54.810.000,00
Mês 5	352.649,19	472.500,00	825.149,19	54.337.500,00
...
Mês 118	9.120,24	472.500,00	481.620,24	945.000,00
Mês 119	6.080,16	472.500,00	478.580,16	472.500,00
Mês 120	3.040,08	472.500,00	475.540,08	0,00
SOMA	22.070.975,19	56.700.000,00		

Regra da formação da tabela:

Coluna (2) = Saldo Financiado / 120 meses

Coluna (3) = Coluna (2) + Coluna (1)

Coluna (4 do mês i+1) = Coluna (4 do mês i) - Coluna (2)

Coluna (1 do mês i+1) = Coluna (4 do mês i) · Taxa de juros mensal (%)

Conforme a tabela 8, a prestação do financiamento começará, no mês 1, com o valor de R\$ 837.309,51 e no mês 120 alcançará o valor de R\$ 475.540,08, sendo a amortização constante no valor de R\$ 472.500,00.

O cálculo do valor da prestação (PRICE) é feito com o uso da equação 7, daí tem-se:

$$P = A \cdot \frac{(1 + \text{Taxa de juros})^N - 1}{\text{Taxa de juros} \cdot (1 + \text{Taxa de juros})^N}$$

$$56.700.000 = A \cdot \frac{(1 + 0,6434\%)^{120} - 1}{0,6434\% \cdot (1 + 0,6434\%)^{120}}$$

$$A = 679.592,18$$

Na sequência, a tabela 9 contém os cálculos dos juros, amortizações e prestações, com as operações matemáticas entre as colunas comentadas logo abaixo.

TABELA 9 – Amortização pelo Sistema PRICE para uma PCH

Sistema PRICE				
Mês	Juros (1)	Amortização (2)	Prestação (3)	Saldo Devedor (4)
Mês Inicial				56.700.000,00
Mês 1	\$364.809,51	\$314.782,67	\$679.592,18	56.385.217,33
Mês 2	\$362.784,19	\$316.807,99	\$679.592,18	56.068.409,33
Mês 3	\$360.745,83	\$318.846,35	\$679.592,18	55.749.562,99
Mês 4	\$358.694,37	\$320.897,81	\$679.592,18	55.428.665,18
Mês 5	\$356.629,70	\$322.962,48	\$679.592,18	55.105.702,70
...
Mês 118	\$12.950,54	\$666.641,63	\$679.592,18	1.346.178,44
Mês 119	\$8.661,35	\$670.930,83	\$679.592,18	675.247,62
Mês 120	\$4.344,56	\$675.247,62	\$679.592,18	(0,00)
SOMA	\$24.851.061,50	\$56.700.000,00		

Regra da formação da tabela:
 Coluna (2) = Coluna (3) - Coluna (1)
 Coluna (4 do mês i+1) = Coluna (4 do mês i) - Coluna (2)

Conforme a tabela 9, a prestação do financiamento começará, no mês 1, com o valor de R\$ 679.592,18 sendo a amortização da parcela 1 no valor de R\$ 314.782,67 e na parcela 120 no valor de R\$ 675.247,62.

Observação: os cálculos apresentados neste quadro não buscaram reproduzir, de forma alguma, as condições originais da análise e dos contratos que impulsionaram os empreendimentos analisados. Os dados disponíveis e utilizados são insuficientes para descrever a totalidade das análises realizadas pelos empreendedores ou agentes financeiros. Buscou-se usar dados que descrevem, ainda que parcialmente, empreendimentos reais para produzir um efeito didático que desperte e aguace o interesse do leitor por esse tipo de análise aplicada ao setor de infraestrutura hídrica.

A SITUAÇÃO

Análise de um projeto de irrigação com energia solar. No ano de 2019, o Banco do Nordeste (BNB)⁴⁷ anunciou o financiamento de uma usina fotovoltaica, com capacidade de geração de energia de 4,5 MW. O empreendimento atenderá aproximadamente 2.500 moradores do Distrito de Irrigação de Maíçoba (DIM), localizado em Juazeiro (Bahia). O investimento total do projeto é de R\$ 24,9 milhões, dos quais R\$ 22,4 milhões serão financiados pelo BNB, por meio da linha de crédito **FNE SOL**. Suponhamos que a taxa de juros final do financiamento foi de 6% ao ano, o prazo de amortização foi de 5 anos e que o financiamento teve prazo de carência de 3 meses.

Qual valor mensal dos juros, do valor da amortização e das prestações mensais do financiamento pelos Sistemas PRICE e SAC?

A SIMULAÇÃO

O cálculo da taxa de juros equivalente é realizado com o uso da equação 6, daí tem-se que:

$$(1 + Taxa \text{ de juros}_{ao \text{ ano}}) = (1 + Taxa \text{ de juros}_{ao \text{ mês}})^{12}$$

$$(1 + 6\%) = (1 + Taxa_{ao \text{ mês}})^{12}$$

$$Taxa_{ao \text{ mês}} = 0,4868\%$$

Na sequência, a tabela 10 contém os cálculos dos juros, amortizações e prestações, com as operações matemáticas entre as colunas comentadas logo abaixo.

TABELA 10 – Amortização pelo Sistema SAC para um projeto de irrigação

Mês	Juros (1)	Amortização (2)	Prestação (3)	Saldo Devedor (4)
Mês Inicial				56.700.000,00
Mês 1		-	-	22.400.000,00
Mês 2		-	-	22.400.000,00
Mês 3	327.099,40	-	327.099,40	22.400.000,00
Mês 4	109.033,13	392.982,46	502.015,59	22.007.017,54
Mês 5	107.120,27	392.982,46	500.102,73	21.614.035,09
...
Mês 58	5.738,59	392.982,46	398.721,04	785.964,91
Mês 59	3.825,72	392.982,46	396.808,18	392.982,46
Mês 60	1.912,86	392.982,46	394.895,32	0,00
SOMA	3.489.060,25	22.400.000,00		

Regra da formação da tabela:

Coluna (2) = Saldo Financiado /60 meses

Coluna (3) = Coluna (2) + Coluna (1)

Coluna (4 do mês i+1) = Coluna (4 do mês i) - Coluna (2 do mês i)

Coluna (1 do mês i+1) = Coluna (4 do mês i). Taxa de juros mensal (%)

Conforme a tabela 10, a prestação do financiamento começará no mês 3 com o valor de R\$ 327.099,40 sendo a amortização da parcela 1 nula, pois trata-se do prazo de carência. Contudo, o valor de R\$ 327.099,40 será pago como juros.

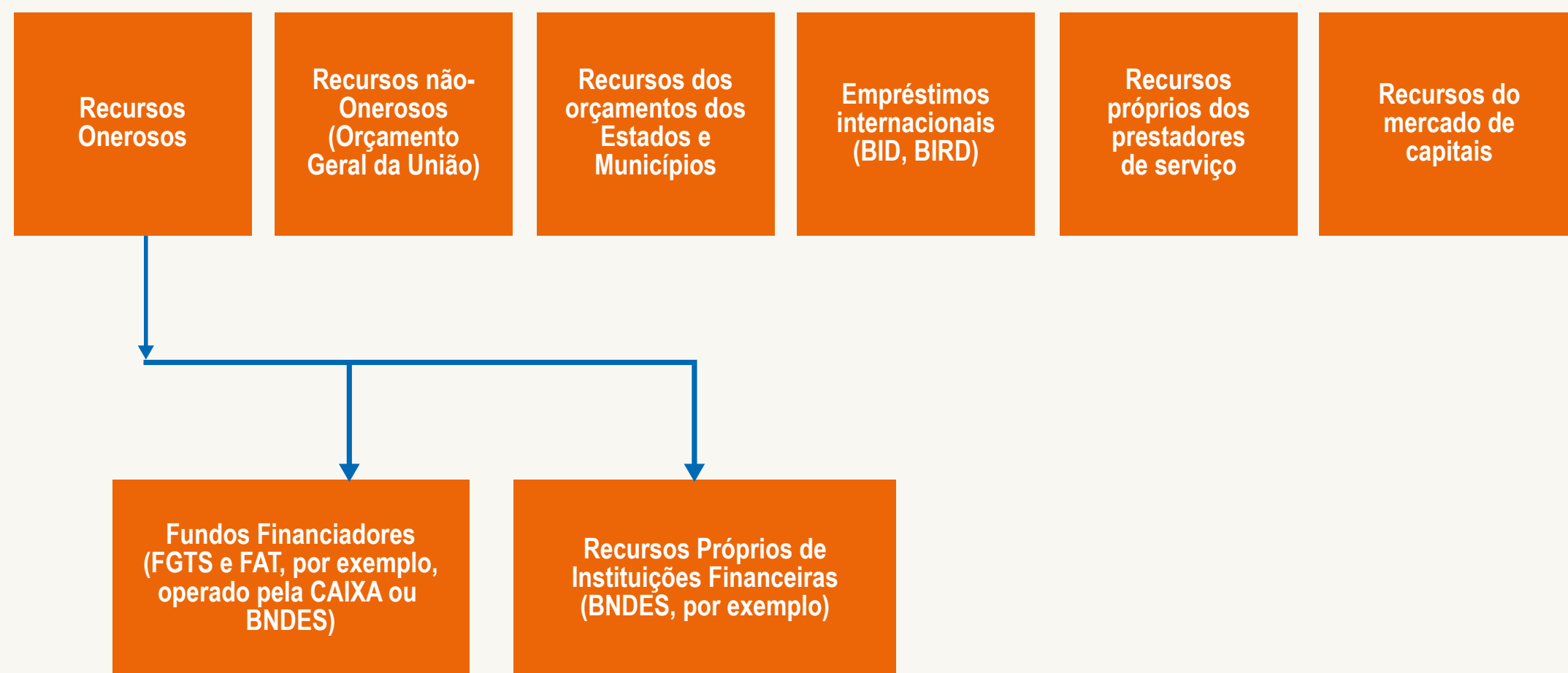
Observação: os cálculos apresentados neste quadro não buscaram reproduzir, de forma alguma, as condições originais da análise e dos contratos que impulsionaram os empreendimentos analisados. Os dados disponíveis e utilizados são insuficientes para descrever a totalidade das análises realizadas pelos empreendedores ou agentes financeiros. Buscou-se usar dados que descrevem, ainda que parcialmente, empreendimentos reais para produzir um efeito didático que desperte e aguace o interesse do leitor por esse tipo de análise aplicada ao setor de infraestrutura hídrica.

3.4 MODALIDADES E CONCEITOS DAS OPERAÇÕES DE FINANCIAMENTO

O financiamento da infraestrutura hídrica, em geral, ocorre por meio de uma ou uma combinação das seguintes modalidades⁴⁸: a) recursos onerosos, em que o tomador paga o empréstimo nas condições contratadas; b) recursos não-onerosos do Orçamento Geral da União, em que não ocorre o reembolso do valor investido; c) recursos não-onerosos do Orçamento do Estado ou do município, em que não ocorre o reembolso do valor investido; d) empréstimos obtidos em agências internacionais de fomento, em que o tomador paga o empréstimo; e) recursos próprios do prestador do serviço; e f) recursos do mercado de capitais, em que o tomador paga o empréstimo nas condições contratadas. A figura 23 ilustra essas modalidades. Na

modalidade de recursos onerosos, há as contratações via o BNDES e CAIXA – com recursos do FAT e FGTS – ou outras fontes dos bancos e o acesso aos mercados de capitais.

FIGURA 23 – Modalidades de financiamento



A tabela 11 exhibe alguns exemplos reais e atuais da infraestrutura hídrica brasileira para melhor esclarecimento da diversidade de fontes de financiamento.

TABELA 11 – Exemplos contemporâneos de financiamento no Brasil

	Tomador	Financiador	Projeto	Investimento (R\$)
Recursos não-onerosos	Não se aplica	Orçamento Geral da União	Projeto de Integração do Rio São Francisco (Eixos Norte e Leste) ⁴⁹	R\$ 17 bilhões
Recursos onerosos	Prefeitura de Fortaleza	BNDES	Obras de saneamento básico, pavimentação e urbanização em cinco localidades em Fortaleza ⁵⁰	R\$ 145 milhões
Recursos onerosos	AEGEA Saneamento e Participações S.A	BNDES	Modernizar e expandir abastecimento de água e esgotamento sanitário em Garantã do Norte (MT) ⁵¹	R\$ 25,5 milhões
Empréstimos internacionais	Estado da Paraíba	Banco Mundial	Projeto de Segurança Hídrica do Estado da Paraíba ⁵²	US\$ 127 milhões
Recursos próprios	EMBASA	Não se aplica	Projeto básico de esgotamento de Camaçari e Dias D'Ávila (Bahia) ⁵³	R\$ 7 milhões

Dentro das oportunidades recentes do mercado de capitais, os títulos verdes (*green bonds*) são instrumentos financeiros que buscam incentivar atividades que ampliem a sustentabilidade ambiental das operações das indústrias, inclusive aquelas que promovam adaptações às mudanças climáticas. Segundo o *Climate Bonds Initiative*⁵⁴, em setembro de 2016 havia um saldo de mais de US\$ 140 bilhões em títulos verdes.

Na mesma linha dos títulos verdes (*green bonds*), o **World Water Council**⁵⁵ produziu um relatório intitulado **Water Infrastructure for climate adaptation – The Opportunity to scale up funding and financing**, que afirma que o setor de infraestrutura hídrica será afetado pelos impactos das mudanças climáticas. Para financiar ações de adaptação às mudanças climáticas foi criado um novo termo: Water Infrastructure for Climate Adaptation (**WI4A**). O **WI4A** representa investimentos projetados para ampliar a resiliência climática dos sistemas de infraestrutura hídrica, atuando por novas obras, relocação de ativos ou melhoramentos e modernização de obras já existentes. O **WI4A** inclui construir novos sistemas e soluções baseadas na natureza. O relatório indica que fundos multilaterais e bancos de desenvolvimento, juntamente com governos nacionais, devem examinar quais intervenções são requeridas para assegurar o financiamento de projetos **WI4A**.

Emissão de debêntures para financiar a infraestrutura hídrica. Em seu site a **AEGEA Saneamento**⁵⁶, por meio de sua controlada Nascentes do Xingu, informa que

[...] obteve R\$155 milhões no mercado de capitais com a emissão de debêntures incentivadas de infraestrutura. Trata-se de uma operação para viabilizar investimentos com recursos do mercado de capitais. Os recursos obtidos serão utilizados para ampliação do sistema de abastecimento de água e redução de perdas, assim como para ampliar o sistema de coleta e tratamento de esgoto das concessionárias Águas de Campo Verde S.A., Saneamento Básico Pedra Preta S.A., Águas de Primavera S.A. e Águas de Sorriso S.A., localizadas no Estado do Mato Grosso.

Com essa emissão das debêntures de infraestrutura, que é a segunda realizada no setor de saneamento básico, a **AEGEA** acessa novamente o mercado de capitais, diversifica as suas fontes de captação de recursos e alonga o perfil de sua dívida. A emissão, que teve rating AA(BRA) atribuído pela Fitch, tem prazo de vencimento de 7 anos e um mês e será amortizada em duas parcelas, em 2023 e 2024.

As debêntures de infraestrutura, enquadradas na Lei No 12.431/2011, garantem a isenção de imposto de renda para investidores estrangeiros ou para pessoas físicas, com o objetivo principal de ampliar as opções de financiamento e promover o mercado de capitais como fonte de recursos de longo prazo, especialmente para o segmento de infraestrutura. São elegíveis para captação dessa modalidade somente os projetos considerados prioritários pelo governo.

A emissão do título está alinhada com a estratégia da **AEGEA** de diversificação de fontes de financiamento, visando garantir solidez financeira para suportar o desenvolvimento de seu modelo de negócio. Complementarmente ao acesso a financiamentos via bancos comerciais e de fomento, mercado de capitais e agências multilaterais, a **AEGEA** conta com importantes investidores internacionais, como o International Finance Corporation (IFC), membro do Banco Mundial, o Fundo Soberano de Singapura (GIC) e o Fundo Global de Infraestrutura (GIF).

Títulos verdes para financiar ações de sustentabilidade ambiental. Na mesma linha, a empresa **SUZANO PAPEL e CELULOSE**⁵⁷, em 2016, captou um total de US\$ 500 milhões, com vencimento de 10 anos e taxa de juros de

5,75% ao ano para investir em projetos ambientais dentro de suas unidades. Alguns dos projetos financiados pela emissão de títulos verdes estão descritos sumariamente a seguir:

1. Expansão da Estação de Tratamento de Efluentes da Unidade Imperatriz, localizada no Estado do Maranhão, com objetivo de reduzir a carga orgânica do efluente final.
2. Construção de uma nova Estação de Tratamento de Efluentes para a Unidade Mucuri, localizada no Estado da Bahia, que permitirá reduzir a carga orgânica final do efluente lançado no rio Mucuri, reduzindo o risco de interrupção das operações como resultado da seca;
3. Melhorias na Estação de Tratamento de Efluentes da Unidade Limeira, localizada no Estado de São Paulo, que permitiu eliminar odores e reduzir os custos com tratamento, economizando mais que 1.800 MWh por ano.

Do mesmo modo, no início do ano de 2021, a AMAGGI⁵⁸, a maior companhia de grãos e fibras de capital brasileiro, inovou no mercado de capitais com a emissão de US\$ 750 milhões em títulos sustentáveis. O título tem vencimento em 2028 e foi emitido com taxa de 5,25% ao ano. No caso do título emitido pela AMAGGI, os recursos captados “serão aplicados em projetos elegíveis ligados a Energia Renovável, Gestão Sustentável de Uso da Terra e Recursos Naturais, Preservação de Recursos Naturais e Biodiversidade, Mitigação de Mudanças Climáticas, Segurança Alimentar, entre outros”.

3.5 TIPOS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

A engenharia econômica da infraestrutura hídrica trata de aplicar critérios para a avaliação de investimentos em projetos de irrigação, de geração de energia hidrelétrica, de abastecimento de água para cidades e indústrias, de tratamento de efluentes, de navegação, de controle de enchentes, de aquicultura e melhoria do ecossistema, de recreação, entre outros. No Brasil, esses estudos estão contidos nos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA).

A **análise de viabilidade econômica** trata de selecionar o melhor projeto entre alternativas disponíveis, em que os benefícios superam os custos sob a ótica da sociedade, incluindo tanto quanto possível externalidades ambientais e sociais ao projeto. A **análise de viabilidade financeira** trata de verificar se o fluxo financeiro de receitas é capaz de assegurar o fluxo financeiro dos custos contidos na construção, na operação e na manutenção da infraestrutura sob a ótica do empreendedor – o proprietário do projeto. Assim, as análises econômica e financeira são distintas. Em termos algébricos, os indicadores de viabilidade (VPL, *Payback*, Taxa Interna de Retorno) são semelhantes nas duas abordagens.

Em seu livro intitulado “**Economia dos Recursos Hídricos**”, o professor Antônio Eduardo Lanna⁵⁹ esclarece que, a respeito da diferença básica entre esses dois tipos de análise, poder-se-ia dizer que a **análise econômica**

[...] verifica se os custos do projeto são não apenas superados por seus benefícios (viabilidade econômica) mas, também, se se constituem na forma mais eficiente de investimento (eficiência econômica). No caso da **análise financeira** acha-se em pauta o plano financeiro para implantação e operação do projeto: se esse plano foi concebido de tal forma que as disponibilidades financeiras somadas aos ingressos de recursos financeiros, através de receitas, captação de empréstimos, aplicações, etc., estão coordenados com as exigências financeiras de investimentos, custos operacionais, amortização de empréstimos e seus juros, remuneração pelo trabalho ou capital investido etc. Ou seja, é verificado se o projeto é viável financeiramente.

O professor Antônio Eduardo Lanna⁵⁹ ainda explica que

[...] os pontos de vista sob os quais a **análise financeira** pode ser realizada são limitados. Eles podem ir do ponto de vista de um indivíduo participante até o ponto de vista da entidade, pública ou privada, que tem a responsabilidade de implantação e operação do projeto. No primeiro caso ela verifica se existirão estímulos financeiros que viabilizem a participação desse indivíduo no projeto. Esse poderia ser o caso de um projeto de irrigação em que se deseja verificar se existirão condições financeiras para que os irrigantes se estabeleçam e gerem a receita prevista para a entidade empreendedora, através do pagamento das tarifas pelo uso da água. Sob o ponto de vista da entidade responsável existe fundamentalmente o aspecto de captação de recursos financeiros para implementação do projeto. É rara a situação em que os custos de investimento possam ser arcados com recursos próprios. Eles deverão ser cobertos através de financiamentos.

“Algumas críticas têm sido dirigidas a esse tipo de abordagem por considerarem que projetos públicos frequentemente buscam a obtenção de bens públicos, que não podem ser valorizados nesses termos”, alerta o professor Antônio Eduardo Lanna⁵⁹. E completa:

[...] os bens públicos são aqueles não competitivos (pois a utilização por alguém não restringe a utilização por outrem) e não censuráveis (pois uma vez produzidos não se pode evitar seu uso por quem quer que seja)”. Muitos desses bens públicos em recursos hídricos são relacionados ao ambiente. Um ambiente preservado é um bem público que dificilmente poderá ter um valor econômico a ele atribuído a não ser pela abordagem do custo alternativo. Isto dá margem a que seja preconizada uma alternativa à análise custo-benefício: a **análise custo-efetividade** (*cost effectiveness analysis*). Nesta, os objetivos são estabelecidos politicamente, em termos dos bens públicos a serem produzidos, e serão buscadas alternativas de mínimo custo para atendê-los.

As análises comentadas acima são tradicionais, consolidadas e comumente utilizadas por governos nas obras de infraestrutura hídrica. Contudo, o Banco Mundial, em seu relatório **Cost-Benefit Analysis in World Bank Projects**⁶⁰, alerta para certo nível de perda de qualificação dos estudos, constatando que as análises, às vezes, são realizadas após a decisão já tomada de empreender a obra e os gestores tem demonstrando pouco interesse nos resultados das análises. Ainda assim, são exigidas por importantes agentes de financiamento.

J. Price Gittinger⁶¹, em seu livro seminal intitulado **Economic Analysis of Agricultural Projects**, alerta-nos com uma reflexão que se coaduna com a mensagem que este livro deseja estabelecer:

É preciso não esquecer que métodos e indicadores de viabilidade de projetos de infraestrutura são apenas ferramentas para auxiliar o processo de tomada de decisão. Há muitos critérios não-quantitativos e não-econômicos que também compõem este processo. A utilidade das técnicas e indicadores utilizados nas análises tem a capacidade de melhorar o processo de tomada de decisão e não substituir os demais julgamentos (p. 300).

3.6 INDICADORES DE VIABILIDADE (VPL, TIR, PAYBACK)

Um conjunto de indicadores compõe a análise de viabilidade de projetos de infraestrutura hídrica. As definições destes indicadores estão de acordo com o trabalho desenvolvido para a análise de uma adutora de etanol comentada ao final deste item 3.6. Vejamos na sequência alguns dos principais deles.

Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

É o percentual mínimo de retorno exigido pelo investidor para que o projeto seja viável, ou seja, é a rentabilidade mínima esperada para remunerar o capital investido em dado projeto. A TMA está associada ao custo de

oportunidade, ou seja, à comparação entre ganhos obtidos em outra alternativa de investimento, ao risco do negócio e à liquidez. A TMA é particular de cada investidor. Certos grupos aceitariam investimento com a TMA de 12% ao ano, por exemplo. Grupos habituados a investimentos de alta rentabilidade não a aceitariam.

Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL representa a liquidez real, em valores nominais absolutos, do fluxo de caixa de uma companhia ou projeto atualizado para o valor presente. Para se calcular o valor presente líquido, é necessário que incida sobre o fluxo de caixa uma taxa de correção sobre os valores nominais das diversas datas ao longo do fluxo, com o intuito de se corrigir aqueles valores futuros para um dia determinado na data presente. Segundo a metodologia, para o projeto ser viável o VPL deve ser maior ou igual a zero, ou seja, positivo.

O VPL demonstra os fluxos de caixa esperados do negócio avaliado. A taxa de desconto aplicada para se obter o valor presente reflete a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) requerida pelo investidor. Essa taxa fornece o valor mínimo que o investidor busca ganhar em determinado investimento, refletindo o valor do dinheiro no tempo, e os riscos de um determinado mercado, de acordo com o setor.

Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é a taxa de desconto que faz o VPL ser igual a zero, portanto, é a rentabilidade em percentual obtida pelo capital investido no projeto. Quando a TIR é maior ou igual à TMA, significa que a rentabilidade do projeto é maior ou igual à rentabilidade mínima exigida pelo investidor, ou seja, indica que o projeto é viável.

O Payback

É o período de retorno de um negócio, ou seja, em quanto tempo a empresa irá reaver seu investimento inicial.

Esses e outros indicadores são usados largamente na análise de viabilidade de projetos de infraestrutura. Para ficar com apenas um exemplo, o BNDES⁶², por meio do pregão eletrônico AARR N° 24/2018, contratou serviços técnicos necessários para a modelagem de empreendimento com vistas à prestação do serviço de adução de água bruta no Projeto de Integração do rio São Francisco (PISF). O edital exige, na página 36, o cálculo da Taxa Interna de Retorno, Valor Presente Líquido e *payback*, entre outros, como o custo médio ponderado de capital (WACC – *Weighted Average Cost of Capital*) e EBITDA para o PISF.

Para ilustrar os conceitos e cálculos de uma típica **análise financeira** – com a estimativa de VPL, TIR e *Payback* – eu apresento minha experiência

peçoal de investimento com produção de milho de sequeiro, com recursos próprios, tratando, portanto, de uma análise financeira sob a ótica do empreendedor. Ao realizar o investimento, iniciado em março de 2020, tomei o cuidado de tomar nota de todos os custos havidos. A seguir, divido com o leitor a prazerosa experiência e seus números.

A SITUAÇÃO

Análise de produção de milho irrigado. No início da quadra chuvosa do ano de 2020, eu plantei 2 hectares de milho. Tomei nota, com exatidão, dos custos e das receitas do negócio. Os custos que registrei estão exibidos na tabela 12, divididos pelas fases de plantio, trato da cultura, colheita e armazenamento. A figura 24 apresenta dois momentos da produção realizada no município de Tanque D'Arca (Alagoas). Em função da experiência prática, resolvi preparar e analisar a viabilidade de um projeto básico de comprar 4 hectares e irrigar o milho por gotejamento para ter duas safras por ano e reduzir o risco de perda de produção por escassez de água. O custo de implantar a irrigação foi de R\$ 10.000,00/ hectare, já o preço da terra foi de R\$ 40.000,00/hectare.

Qual o VPL, *payback* e TIR desse projeto de irrigação?

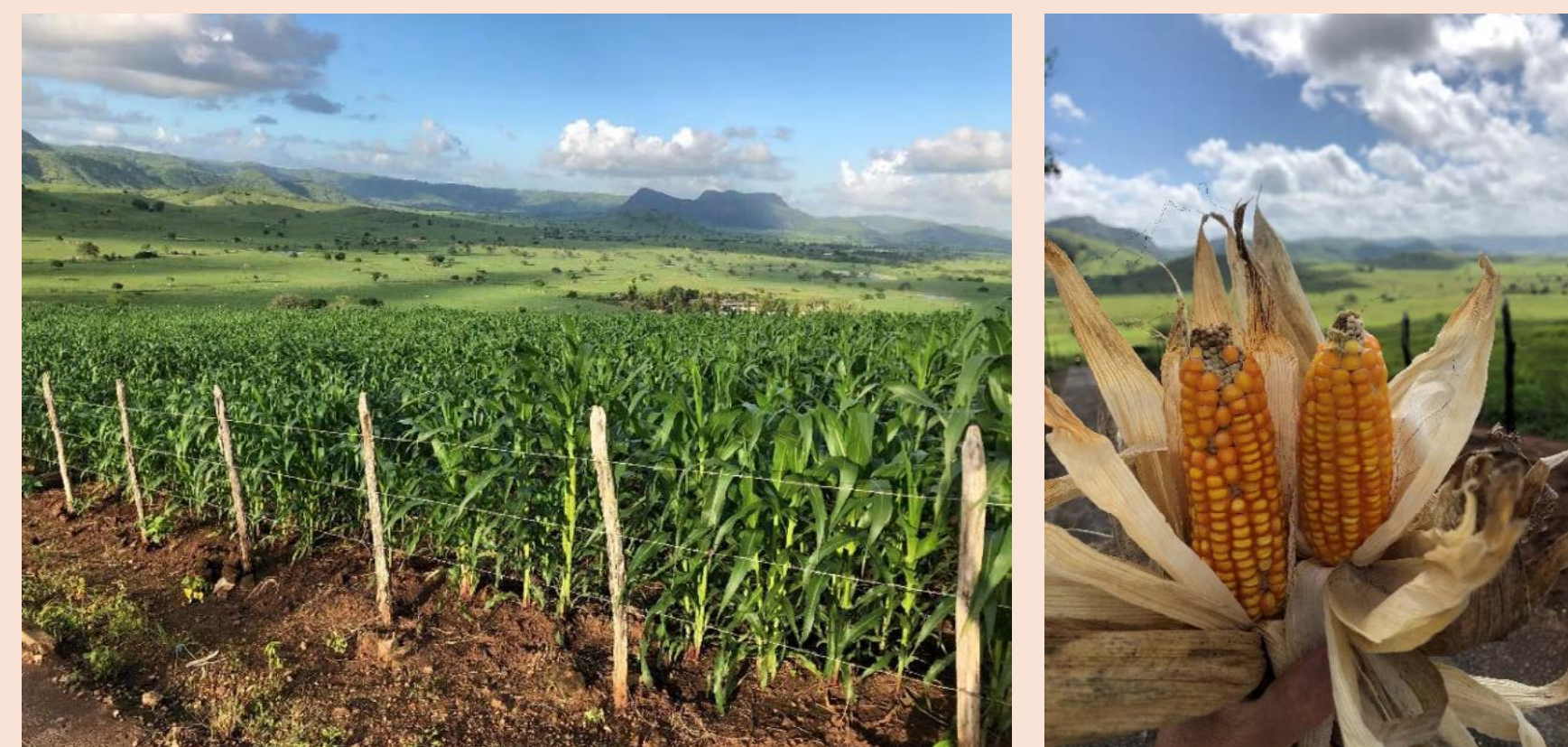
A SIMULAÇÃO

Os custos havidos no plantio de 2 hectares estão exibidos na tabela 12.

TABELA 12 – Relação de custos para o plantio de milho

	Custos DIRETOS	Unidade	Quant.	R\$/Unidade	Total
Custos PLANTIO	Semente	sacos	2	554,00	1.108,00
	Avant Energy	litro	1	104,00	104,00
	Trator		1	60,00	60,00
	Viagem Arapiraca		1	50,00	50,00
	Diárias Área 1		18	50,00	900,00
	Diárias Área 2		12	50,00	600,00
	Combate a praga		1	12,00	12,00
	Outros				88,00
	Deslocamento		8	70,00	560,00
			Total (A)	3.482,00	
Custos TRATO DA CULTURA	Adubo	sacos	10	102,80	1.028,00
	Combate a praga	litros	20	15,73	314,60
	Diárias hormônio		9	50,00	450,00
	Diárias combate a praga		11	50,00	550,00
	Diária lagarta		6	50,00	300,00
				Total (B)	2.342,60
Custos DA COLHEITA	Diárias		12	50,00	600,00
	Deslocamento		4	70,00	280,00
				Total (C)	880,00
			Total (A+B+C): R\$	6.704,60	

FIGURA 24 – Plantação de milho e a colheita no município de Tanque D'Arca (Alagoas)



A produtividade média obtida foi de 100 sacos (60 kg de grão) por hectare. Com o preço do saco por R\$ 60, a área de 2 hectares produziu uma receita de R\$ 12.000,00. Assim, sem descontar os valores no tempo – do plantio à colheita o tempo médio é de 6 meses – o lucro foi de:

$$\text{Lucro} = \text{Receita} - \text{Custo}$$

$$\text{Lucro} = 12.000 - 6.704,60$$

$$\text{Lucro} = 5.295,40$$

Com uma safra por ano, com plantio de 2 hectares, o lucro foi de R\$ 2.647,70/ hectare/ano. Destaco que custos usuais como a amortização do investimento para aquisição da terra, custos com o ITR (Imposto Territorial Rural), custos com a sede, entre outras, não foram considerados no cálculo acima. O lucro, então, rigorosamente, seria menor que o registrado na tabela acima.

A tabela 13 apresenta os dados utilizados e o correspondente fluxo de caixa estimado para o supracitado projeto de irrigação, cujo período de vida útil foi estimado em 10 anos.

TABELA 13 – Receitas e despesas de plantio de milho irrigado

				Hectares	4
				Instalação irrigação (R\$/hectare)	10.000,00
				Preço da terra (R\$/hectare)	40.000
				Produção (saco 60 kg/hectare)	120,00
				Custo de produção (R\$/hectare)	3.100,00
				Preço de venda do milho (R\$/saco)	60,00
				Taxa de desconto (ao ano)	8%
Ano	Despesa	Receita	Receita - Despesa	Acumulado	
0	212.400,00	57.600,00	-154.800,00	-154.800,00	
1	24.800,00	57.600,00	32.800,00	-122.000,00	
2	24.800,00	57.600,00	32.800,00	89.200,00	
3	24.800,00	57.600,00	32.800,00	-56.400,00	
4	24.800,00	57.600,00	32.800,00	-23.600,00	
5	24.800,00	57.600,00	32.800,00	9.200,00	
6	24.800,00	57.600,00	32.800,00	42.000,00	
7	24.800,00	57.600,00	32.800,00	74.800,00	
8	24.800,00	57.600,00	32.800,00	107.600,00	
9	24.800,00	57.600,00	32.800,00	140.400,00	
10	24.800,00	57.600,00	32.800,00	173.200,00	
VPL (R\$)				\$60.454,32	
TIR (%)				17%	
Payback (anos)				4,5	
Observação:					
Despesa (R\$) = R\$ 3.100,004 hectares x 2 safras por ano					
Receita (R\$) = 120 sacos/hectare x 4 hectares x 2 safras por ano x 60 R\$/saco					

Conforme se vê, o investimento apresentou um **VPL** de R\$ 60.454,32 e um **payback** de 4,5 anos. Assim, de acordo com esses indicadores, com os custos e receitas ocorrendo conforme planejado, em pouco menos de 5 anos eu recuperaria o investimento feito para a compra dos 4 hectares. E como o VPL foi positivo, o projeto é classificado como viável e tem a recomendação de ser realizado.

Aqui cabe uma nota. A ideia da presente simulação foi apresentar ao leitor o roteiro e a dinâmica dos cálculos numéricos da viabilidade, refletindo a realidade tanto quanto possível. De fato, trata-se de um projeto básico de irrigação, e não de um projeto executivo de irrigação⁽³⁾.

Quanto ao risco, dentro da propriedade, a escassez hídrica é a maior ameaça à produção, seguida de pragas que atacam o milho. Com o projeto de irrigação contando com uma oferta firme de água e com o trato cultural, os riscos são reduzidos. Quanto ao risco fora da propriedade, o maior é a oscilação dos preços dos insumos e do preço de venda do saco de milho. Tudo analisado, o empreendimento é considerado viável e rentável por apresentar uma TIR de 17%, maior que a minha TMA que era de 10% ao ano.

Com esse exemplo real e simples, o leitor compreende as facilidades e sutilezas dos indicadores tradicionais de análise de viabilidade de um projeto de infraestrutura hídrica. Os cálculos apresentados na tabela 13 foram realizados na planilha EXCEL® com o uso das funções TIR e VPL, conforme exhibe a figura 25.

(3) O Projeto Executivo é definido como o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas. O projeto básico, por sua vez, tem nível de detalhe para assegurar a viabilidade técnica do empreendimento e possibilitar a avaliação do custo da obra (orçamento) e a definição de métodos e prazos de execução.

FIGURA 25 – Uso das funções TIR e VPL no software EXCEL® para simulação do projeto

D15 =VPL(B9;F3:F13)

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Hectares	4	Ano	Despesa	Receita	R-D	Acumulado
3	Compra da terra(R\$/hectare)	40.000,00	0	212.400,00	57.600,00	(154.800,00)	(154.800,00)
4	Instalação irrigação(hectare)	10.000,00	1	24.800,00	57.600,00	32.800,00	(122.000,00)
5	Custo Investimento (R\$)	200.000,00	2	24.800,00	57.600,00	32.800,00	(89.200,00)
6	Producao (saco 60 kg/hectare)	120,00	3	24.800,00	57.600,00	32.800,00	(56.400,00)
7	Custo de produção (R\$/hectare)	3.100,00	4	24.800,00	57.600,00	32.800,00	(23.600,00)
8	Preço de venda do milho (R\$/saco)	60	5	24.800,00	57.600,00	32.800,00	9.200,00
9	Taxa de desconto (ao ano)	8%	6	24.800,00	57.600,00	32.800,00	42.000,00
10			7	24.800,00	57.600,00	32.800,00	74.800,00
11			8	24.800,00	57.600,00	32.800,00	107.600,00
12			9	24.800,00	57.600,00	32.800,00	140.400,00
13			10	24.800,00	57.600,00	32.800,00	173.200,00
14							
15			VPL	\$60.454,32	R\$		
16			TIR	17%	%		
17			Pay-back	4,5	anos (meses)		

D16 =TIR(F3:F13)

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Hectares	4	Ano	Despesa	Receita	R-D	Acumulado
3	Compra da terra(R\$/hectare)	40.000,00	0	212.400,00	57.600,00	(154.800,00)	(154.800,00)
4	Instalação irrigação(hectare)	10.000,00	1	24.800,00	57.600,00	32.800,00	(122.000,00)
5	Custo Investimento (R\$)	200.000,00	2	24.800,00	57.600,00	32.800,00	(89.200,00)
6	Producao (saco 60 kg/hectare)	120,00	3	24.800,00	57.600,00	32.800,00	(56.400,00)
7	Custo de produção (R\$/hectare)	3.100,00	4	24.800,00	57.600,00	32.800,00	(23.600,00)
8	Preço de venda do milho (R\$/saco)	60	5	24.800,00	57.600,00	32.800,00	9.200,00
9	Taxa de desconto (ao ano)	8%	6	24.800,00	57.600,00	32.800,00	42.000,00
10			7	24.800,00	57.600,00	32.800,00	74.800,00
11			8	24.800,00	57.600,00	32.800,00	107.600,00
12			9	24.800,00	57.600,00	32.800,00	140.400,00
13			10	24.800,00	57.600,00	32.800,00	173.200,00
14							
15			VPL	\$60.454,32	R\$		
16			TIR	17%	%		
17			Pay-back	4,5	anos (meses)		

Observação: os cálculos apresentados neste quadro não buscaram reproduzir, de forma alguma, as condições originais da análise e dos contratos que impulsionaram os empreendimentos analisados. Os dados disponíveis e utilizados são insuficientes para descrever a totalidade das análises realizadas pelos empreendedores ou agentes financeiros. Buscou-se usar dados que descrevem, ainda que parcialmente, empreendimentos reais para produzir um efeito didático que desperte e aguace o interesse do leitor por esse tipo de análise aplicada ao setor de infraestrutura hídrica.

Estudo de viabilidade econômica de uma adutora de Vinhaça. No ano de 2010, orientei uma dissertação de mestrado do agrônomo Francisco Marques⁶³, um empregado da Usina Santo Antônio. Trata-se de uma unidade industrial sucroenergética que, na safra 2020/2021, produziu 2,5 milhões de sacos de açúcar (50 kg), 44 milhões de litros de etanol e exporta, em média, 48.000 MWh/ano de energia a partir da biomassa da cana. Naquela época, a vinhaça – coproduto da geração de etanol – era transportada para os canaviais como insumo da fertirrigação em caminhões tanques, a um custo de R\$ 1,2 milhão por safra. Assim, foi realizada uma análise econômico-financeira da implantação de uma adutora de vinhaça, em substituição a esse transporte. O valor do investimento foi estimado em R\$ 1,8 milhão, e a energia a ser utilizada viria da própria indústria. Entre os benefícios estimados destacaram-se a redução com o custo da adubação, aumento da área irrigada, aumento da produtividade (toneladas de cana/hectare) e o aumento do número de cortes da cana. Foi simulado um cenário, cujo investimento seria feito com capital próprio e taxa mínima de atratividade de 10% ao ano, com prazo de financiamento do projeto de 10 anos, sem período de carência e com o início do pagamento já no primeiro ano. Neste cenário, o VPL foi de R\$ 12.768.398,00, o

TIR foi de 8,37% ao ano e o *Payback* de 1 ano. Assim sendo, para este cenário a TIR do projeto é menor do que a TMA estipulada de 10% ao ano.

O autor da dissertação⁶³ destaca que

[...] o projeto não apresentou viabilidade econômica em relação ao critério de análise da TIR. Todavia, este fato isolado pode não significar a inviabilidade de um projeto, pois como a TMA depende muitas vezes da expectativa de remuneração que o investidor tem em relação ao seu capital, sempre há a possibilidade de mudar o percentual mínimo para o retorno esperado. Bastaria então, que a empresa baixasse em 2 (dois) pontos percentuais, de 10 para 8% ao ano, o retorno mínimo esperado para o capital investido, para o projeto se tornar viável em relação a TIR. As razões expostas permitem à Usina Santo Antônio considerar a execução do projeto como viável, pois os parâmetros econômicos estudados fornecem subsídios suficientes para esta correta tomada de decisão. Associa-se a esta análise, o ganho ambiental em deixar de consumir óleo diesel para o funcionamento dos caminhões-tanques e usar a energia renovável provinda da queima do bagaço da cana.

3.7 RISCOS ESPECÍFICOS DO FINANCIAMENTO DA INFRAESTRUTURA HÍDRICA

Os projetos de infraestrutura hídrica possuem riscos específicos que devem ser bem detalhados no ato da sua modelagem de viabilidade. O relatório

Financing Water for All⁶⁴, realizado pelo **World Panel on Financing Water Infrastructure**, destaca os riscos inerentes ao setor de infraestrutura hídrica:

1. Projetos com alto valor de investimento, especialmente na fase inicial;
2. Setor com baixa taxa de retorno;
3. Risco no câmbio por meio de mudanças bruscas entre os valores das moedas local e as demais, especialmente o dólar americano;
4. Risco por atuação das entidades subnacionais em desarmonia com a entidades nacionais;
5. Risco político de pressão sob os contratos e tarifas de águas, ou ausência e inconsistência de regulação;
6. Risco contratual devido à insuficiência e baixa qualidade dos estudos iniciais, em especial naqueles projetos de longa duração.

O relatório **Financing Water for All**⁶⁴ afirma que

os projetos de oferta de água, tratamento de efluentes e geração de energia hidroelétrica estão entre os mais intensivos na exigência de capital de investimento. Nos Estados Unidos a razão entre capital investido e receita para o setor de distribuição de água é duas vezes maior que o setor de

distribuição de gás, e 70% maior que o setores de eletricidade e telecomunicações. Como se trata de investimentos que não podem ser removidos (*sunk capital*) o investidor depende totalmente da futura receita para obter o desejado retorno. E uma vez que o investimento é completado o investidor está à mercê das práticas das autoridades regulatórias.

Deste modo, vemos a complexidade da análise do risco que envolve o tema da infraestrutura hídrica, que, além dos supracitados, também precisa considerar as variações de quantidade e qualidade da fonte hídrica e a necessidade de atender a múltiplos usos e usuários, conforme descrito no capítulo 1.

A respeito de como os riscos são avaliados em um projeto de infraestrutura hídrica, recomendo ao leitor conhecer a Matriz de Risco (Anexo VIII da Minuta de Contrato) elaborada pela CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará) para o processo de Parceria Público-Privada (PPP) para a concessão dos serviços que compreendem elaboração de projetos, construção, operação e manutenção de planta de dessalinização de água marinha na região metropolitana de Fortaleza⁶⁵.

A tabela 14 apresenta os riscos estimados para o contrato, suas causas, as consequências para o desenvolvimento do empreendimento, a alocação de responsabilidade e a mitigação ou o tratamento para minimizar o impacto do evento. Convém observar que a alocação de responsabilidade ora é do poder concedente, no caso a CAGECE; ora é do concessionário, no caso a empresa ou o consórcio vencedor da licitação supramencionada; ora é compartilhada.

Por exemplo, se houver mudança no projeto a pedido do poder concedente, a consequência poderá ser o atraso das obras, com a responsabilidade sendo atribuída ao poder concedente, dando ao concessionário o direito de requisitar um reequilíbrio econômico-financeiro do contrato.

TABELA 14 – Riscos de erros no projeto de engenharia, suas causas e alocação de responsabilidade

VII – Riscos Técnicos					
	Risco	Causas do Risco	Consequência	Alocação	Mitigação/Tratamento
VII.1	Erros de projeto de engenharia	Erros nos projetos da Concessão elaborados pela Concessionária	- Custos para a reelaboração dos projetos de engenharia; - Atraso na conclusão da implantação;	Concessionária	Previsão de que a Concessionária é responsável pelo desenvolvimento dos projetos executivos, incumbindo-lhe arcar com os custos e atrasos decorrentes de equívocos nestes últimos. Previsão de avaliação dos projetos pelo Poder Concedente, sem que isso afaste a responsabilidade da Concessionária por estes últimos. Contrato: 33.2.1.1
		Mudanças de projeto de engenharia a pedido do Poder Concedente	- Custos de reelaboração dos projetos de engenharia da implantação; - Atraso na conclusão da implantação;	Poder Concedente	Previsão de reequilíbrio econômico-financeiro. Contrato: 33.4.10
		Mudanças de projeto a pedido da Concessionária	- Aumento dos custos de implantação; - Atraso na conclusão da implantação	Concessionária	Concessionária responde por erros ou omissões do projeto de engenharia, assim como pelas alterações decorrentes destes equívocos, bem como pelos efeitos que tais mudanças provocarem no licenciamento ambiental.

Nota: tabela redesenhada pelo autor.

Outro exemplo está descrito na tabela 15, que diz respeito a mudanças tributárias durante a vigência do contrato. Vemos que a consequência será o aumento dos custos de construção e operação, que a alocação de responsabilidade é compartilhada – poder concedente e concessionária – e que um pedido de reequilíbrio econômico-financeiro pode ser solicitado.

Trata-se, como se vê, de um documento contemporâneo, prático e esclarecedor de como o risco tem sido trabalhado nas relações contratuais dos empreendimentos de infraestrutura hídrica.

TABELA 15 – Riscos de mudanças tributárias

IX – Riscos Fiscais					
	Risco	Causas do Risco	Consequência	Alocação	Mitigação/Tratamento
IX.1	Passivo tributário e previdenciário	Poder Concedente ser responsabilizado solidariamente por obrigações trabalhistas ou previdenciárias inadimplidas pela Concessionária	- Custos adicionais com o adimplemento de créditos tributários e previdenciários	Concessionária	Concessionária assume os riscos por seu planejamento tributário para a concessão Risco quanto à interpretação jurídica e/ou contábil relativa ao tratamento administrativo, societário ou tributário do Aporte de Recursos foi atribuído à concessionária Contrato: 19.2.9
IX.2	Legislativo	Impactos tributários (ex. alterações legais, risco da modelagem tributária)	- Aumento dos custos de construção e operação	Compartilhado	Alteração da carga tributária enseja reequilíbrio econômico-financeiro, exceto os tributos sobre a renda e aqueles que não tiverem repercussão nos preços contratados (Art. 65, § 5º. – Lei 8.666/93). Contrato: 33.3.5

Nota: tabela redesenhada pelo autor.

O documento que, na prática brasileira, aborda de forma total ou parcial o risco hídrico é o Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH). É neste documento que o usuário de água busca as primeiras informações sobre o risco hídrico na região hidrográfica estudada. É dispensável escrever sobre a importância da qualidade das informações e análises contidas nesse tipo de documento e o quanto de problemas podem ser previstos, eliminados, ou reduzidos, com essas perspectivas em mente.

Há, todavia, outras perspectivas do risco hídrico além do impacto financeiro nas operações da infraestrutura hídrica. O **Water Risk Atlas**, desenvolvido pelo **World Resource Institute**, alerta que a avaliação de risco hídrico, em uma visão ampliada, pode ser feita em três perspectivas⁶⁶: 1) riscos quantitativos; 2) riscos qualitativos; e 3) riscos regulatórios e reputacionais. A tabela 16 ilustra os indicadores presentes em cada uma das perspectivas.

TABELA 16 – Natureza dos riscos hídricos avaliados

RISCO QUANTITATIVO	
Indicadores	Forma de quantificação
Estresse hídrico superficial	Proporção entre as retiradas e a oferta total renovável anual de água
Variação interanual	Descrição da variação anual da oferta hídrica
Variação sazonal	Descrição da média mensal da oferta hídrica
Ocorrências de enchentes	Número de enchentes ocorridas no histórico
Severidade da seca	Número de meses onde a água disponível no solo está abaixo do vigésimo percentil.
Reservatórios a montante	Avaliação da capacidade dos reservatórios reduzirem os extremos hídricos
Estresse hídrico subterrâneo	Proporção entre as retiradas e a oferta total renovável anual de água (reserva reguladora)

RISCO QUALITATIVO	
Indicadores	Forma de quantificação
Taxa de retorno das águas servidas	Proporção entre os volumes de água que já foram previamente usadas (águas servidas) e oferta total anual, além da quantidade de lançamentos de efluentes a montante
Áreas protegidas a montante	Estimativa das áreas a montante sujeitas à proteção ambiental, garantindo uma qualidade das águas
RISCO REGULATÓRIO E REPUTACIONAL	
Indicadores	Forma de quantificação
Cobertura da mídia	Quantidade de notícias abordando problemas relacionados com a área, mostrando elevado grau de consciência, atenção e percepção do problema.
Acesso à água	Porcentagem de pessoas na região sem acesso à água, indicando elevado nível de tensão para outros usos
Espécies ameaçadas de extinção	Presença de espécies ameaçadas de extinção, exigindo uma gestão das águas com um viés também específico.
Mudanças ou criação de novos instrumentos ⁽⁴⁾	Ações que visam modificar as regras aumentando o risco hídrico

Os gestores da infraestrutura hídrica avaliam esses riscos que vão além dos aspectos financeiros da operação, como os riscos regulatórios ou reputacionais. Afinal, as boas relações institucionais do empreendedor com a sociedade, com as instituições do Governo, com os demais usuários de

(4) Destaque inserido pelo autor.

água e com seus *stakeholders* são um eixo central da boa governança dos empreendimentos afinados com as demandas sociais e ambientais contemporâneas.



4

ALOCAÇÃO DE
CUSTOS NA
INFRAESTRUTURA
HÍDRICA



Uma tarefa comum no planejamento da infraestrutura hídrica é alocar os custos de investimento (CAPEX), operação e manutenção (OPEX) entre diferentes usuários do empreendimento. Como foi mostrado no capítulo 2, no DINC os custos são alocados de forma distinta para os usuários, conforme números de hectares da propriedade, o volume de água consumido e a localização da propriedade em relação à rede complexa de canais e estações elevatórias. Usuários que dependem do serviço de várias estações elevatórias têm o custo por volume consumido (R\$/m³) maior que o usuário que é servido por apenas uma dessas estações elevatórias, por exemplo. Uma alocação de custos foi consensuada entre os usuários e hoje estabelece as tarifas de água para os usuários do perímetro de irrigação.

Um exemplo brasileiro histórico e notável de alocação de custos foi a criação de ITAIPU, a maior usina hidrelétrica em geração de energia do mundo. O Decreto N° 72.707, da Presidência da República Federativa do Brasil, de 28 de agosto de 1973, promulgou o tratado entre a República Federativa do Brasil e a República do Paraguai para o aproveitamento hidrelétrico dos recursos do rio Paraná, pertencentes em condomínio aos dois países, desde e inclusive o Salto Grande de Sete Quedas ou Salto de Guaíra até a Foz do Rio Iguaçu. Os dois países decidiram criar, em igualdade de direitos e obrigações, uma entidade binacional denominada ITAIPU, com a finalidade de realizar o aproveitamento hidrelétrico. O financiamento para construção de Itaipu foi realizado, em sua quase totalidade, com recursos provenientes de empréstimos contratados com a ELETROBRAS⁶⁷. O tratado estabeleceu que a energia produzida pelo aproveitamento hidrelétrico da usina de ITAIPU seria dividida em partes iguais entre os dois países, sendo reconhecido a cada um deles direito de aquisição da energia que não seja utilizada pelo outro país para seu próprio consumo. Em 2019, a Usina Hidrelétrica de ITAIPU produziu 79.445 GWh⁶⁸. A “tarifa” (definida em ITAIPU como o custo unitário do serviço de eletricidade) aplicada durante todo o exercício de 2019 foi de US\$ 22,60 por kW de potência mensal contratada, equivalente a US\$ 43,80/MWh de energia vinculada. Este é um dos acordos de alocação de custos mais relevantes da infraestrutura brasileira. Os detalhes deste acordo podem ser localizados no *site* de ITAIPU.

A alocação de custos serve para viabilizar receitas que cubram os custos e para encorajar a eficiência econômica. Mas afinal, quais seriam os princípios de um método de alocação para um projeto de infraestrutura hídrica que atenda a vários usos?

Há oito princípios de alocação dos custos para projetos de infraestrutura hídrica de usos múltiplos²⁶:

1. Cada uso deve compartilhar equitativamente as economias resultantes da implantação de um projeto de usos múltiplos, dentro dos limites das alocações máximas e mínimas dos custos;
2. O custo mínimo a ser alocado para cada uso é o custo adicional correspondente à entrada deste uso no projeto;
3. O custo máximo a ser alocado para cada uso é o seu benefício ou o custo alternativo de uso único, adotando-se o menor desses dois valores;
4. Nenhum custo deve ser atribuído a certo usuário sem um benefício univocamente associado;
5. Os custos indivisíveis – diferença entre o custo total e os custos de cada usuário – devem ser distribuídos, equitativamente, sem considerar a capacidade de qualquer uso específico de ressarcir seus custos;

6. A soma de todas as alocações deve ser igual ao custo total do projeto;
7. O processo de alocação deve ser tão simples quanto possível, de forma a ser facilmente entendido pelas partes, facilitando o alcance de consensos;
8. As tarifas de água decorrentes da alocação devem ser estáveis no tempo, de forma a permitir o planejamento operacional de cada um dos usos.

A definição da alocação de custos deve ser fruto de um consenso alcançado entre as partes envolvidas. Não se trata de um exercício puramente técnico. Os princípios, quando bem aplicados, ajudarão as partes a encontrar um acordo onde os interesses sejam atendidos. Às vezes, sem um acordo entre as partes o projeto não pode sequer ser desenvolvido. Por exemplo, a hidrovía Paraná-Tietê⁶⁹ (figura 26) é uma importante via de escoamento da produção agrícola dos Estados de São Paulo, do Paraná, do Mato Grosso, de Goiás e de Minas Gerais. É evidente que para seu completo e regular funcionamento os Estados mencionados e a União precisam criar consenso a respeito dos custos necessários para as operações típicas de navegação – desassoreamento de leito de rio, sinalização, gestão do fluxo de embarcações, sistemas de comunicação, operação das eclusas, entre outros. Se apenas uma parte dos interessados estiver disposta a enfrentar os custos e as demandas exigidas por uma hidrovía, não haverá, seguramente, um funcionamento adequado.

A seguir, analisaremos em detalhes dois exemplos contemporâneos de alocação de custos em projetos de infraestrutura hídrica com mais múltiplos usuários: um na Califórnia e outro no Brasil.

FIGURA 26 – Hidrovia Tietê-Paraná



Nota: figura redesenhada pelo autor.



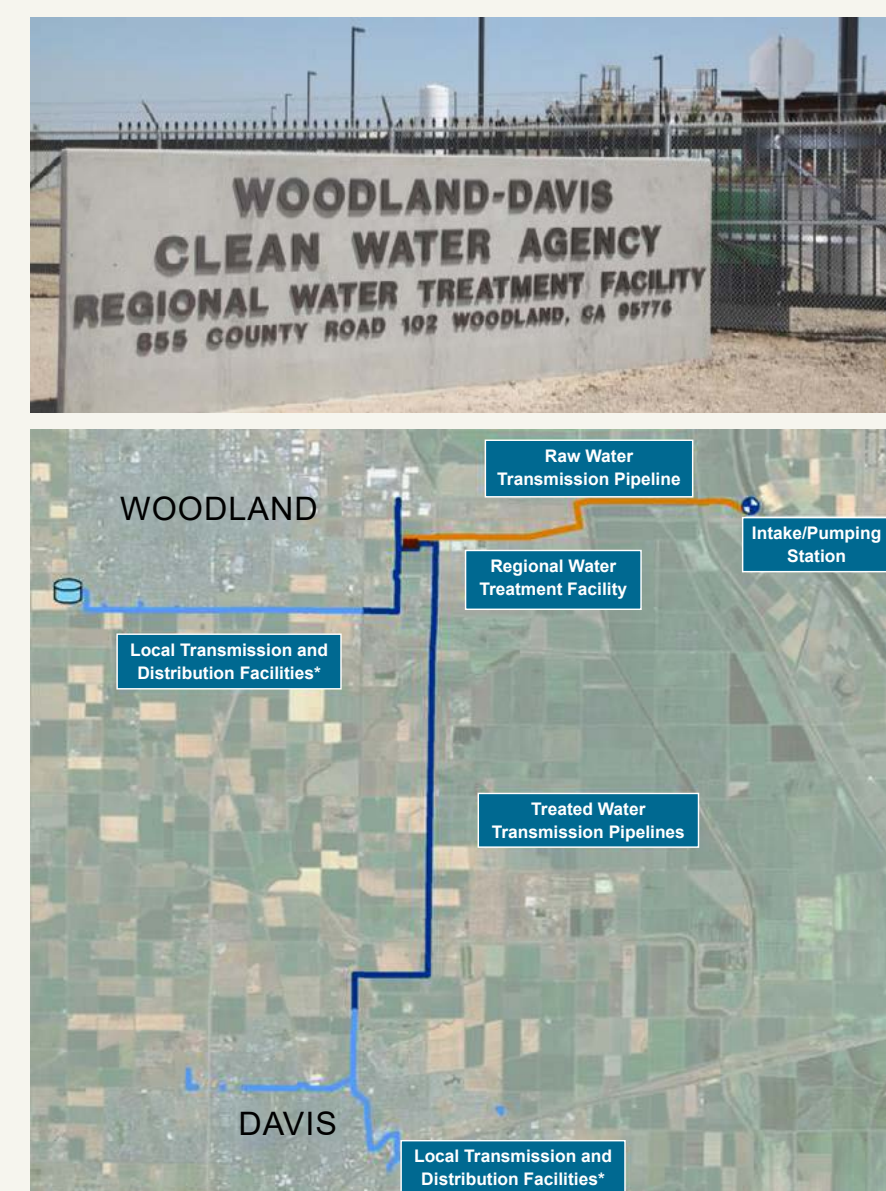
ASSISTA AO VÍDEO 7 – Obras e benefícios compartilhados



4.1 WOODLAND-DAVIS CLEAN WATER AGENCY

As cidades de Woodland e Davis ficam no norte da Califórnia (EUA), próximas à capital Sacramento. Uma associação entre elas – Woodland-Davis Clean Water Agency⁷⁰ – permitiu a construção de uma infraestrutura hídrica para atendê-las, cuja fonte é o rio Sacramento. Este é um caso muito interessante de alocação de custos. A figura 27 mostra a sede do empreendimento e um desenho esquemático da infraestrutura operada. Eu tive a satisfação de conhecer o empreendimento e visitar a tomada de água (*intake pumping station*) no rio Sacramento, em julho de 2015.

FIGURA 27 – Croqui das adutoras e da ETA do projeto Woodland-Davis Water Agency



As duas cidades tinham limitações com o abastecimento por águas subterrâneas. Daí o projeto para acessar as águas superficiais do rio Sacramento. O empreendimento, à época, custou US\$ 279 milhões e é capaz de produzir 55 milhões de m³ de água por ano. Um dos grandes desafios para a cooperação entre as duas cidades foi estabelecer um acordo com a alocação de custos. Segundo o projeto, a cidade de Woodland consumiria 59,2% da água tratada, e a cidade de Davis, 40,8%. Após longa e complexa negociação, a tabela 17 mostra o consenso de alocação dos custos de investimento (CAPEX) entre as cidades. Note o leitor que há elementos da obra que ambas dividem em partes iguais, há elementos que cada uma responde solitariamente e há outras composições. O princípio 2, supracitado neste item, foi utilizado na adutora que atende exclusivamente a Davis (*Treated Water Transmission Pipeline*, figura 27). Se atende apenas a Davis, o custo será apenas de Davis. Já os custos administrativos são divididos em partes iguais entre as cidades, conforme estabelece o princípio 5. Quanto ao custo com a estação de tratamento da água (*Regional Water Treatment Facility*), este foi dividido na proporção dos volumes de água entregues a cada cidade. Woodland, por consumir mais água, participa com uma porção maior (59,2%) que a cidade de Davis (40,8%). Tudo de acordo com o Princípio 1 (dividir equitativamente os ganhos obtidos).

TABELA 17 – Alocação de custos de investimentos no Woodland-Davis Project⁷¹

Elementos da infraestrutura	Davis	Woodland
Sede administrativa	50,0%	50,0%
Serviços técnicos para Davis	100%	0%
Serviços técnicos para Woodland	0%	100%
Tomada de água bruta	46,1%	53,9%
Transmissão de água bruta	40,8%	59,2%
Estação de tratamento de água	40,8%	59,2%
Tubulação de uso para as duas cidades	50,0%	50,0%
Tubulação de uso exclusivo para Davis	100%	0%
Tubulação de uso exclusivo para Woodland	0%	100%
Estruturas de uso individual de Davis	100%	0%
Estruturas de uso individual de Woodland	0%	100%

Já os custos fixos da operação são divididos em partes iguais entre as cidades, conforme mostra a tabela 18.

TABELA 18 – Alocação de custos operacionais do Woodland-Davis Project

	Davis	Woodland
Custos operacionais FIXOS (parte do OPEX)	50,0%	50,0%

Assim, os princípios apresentados lançam as regras gerais da alocação guiando um longo processo de criação de consensos e seguido da obtenção de um pacto de alocação de custos. O pacto entre as cidade de Woodland e Davis

não foi o resultado de uma simulação matemática. O pacto foi resultado de um processo político de criação de consensos, apoiado por regras e princípios que as partes entenderam justas⁷². Foi assim que a alocação de custo ocorreu.



ASSISTA AO VÍDEO 8 - Alocação de custos



4.2 O PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (PISF)

Escrever apropriadamente sobre PISF exige milhares de páginas. Entretanto, alinha-se ao escopo deste livro uma curta nota sobre minha participação, como representante do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF) junto à CODEVASF, em Brasília, para debater a construção do modelo de gestão do PISF.

A FGV (Fundação Getúlio Vargas) foi contratada pela CODEVASF para propor um modelo de gestão do PISF⁷³. Na metodologia utilizada várias oficinas foram realizadas para validação dos documentos contidos em tal modelo.

Entre outros documentos contidos no trabalho da FGV, o PGA (Plano de Gestão Anual) contempla o planejamento da operação, manutenção, governança, monitoramento, preços, tarifas e o modelo tarifário do PISF. O documento trata de temas complexos, como a necessária e complexa articulação

da operadora federal do PISF, que é a CODEVASF, com os órgãos gestores dos Estados que recebem essas águas.

No PISF, ora as águas correm em canais de concreto, ora correm em leitos de rios naturais, ora em leitos de rios cujas águas são de domínio federal, ora em leitos de rios cujas águas são de domínio estadual, ora as águas alcançam reservatórios decorrentes de obras da União em rios de domínio estadual, ora essas águas aguçam o empreendedorismo dos que visionam iniciar projetos de irrigação, ora alimentam rios que historicamente têm irrigantes e que agora sonham com a redução do risco e ampliação da sua produção, ora os pequenos aglomerados humanos ao longo do canal veem o sonho de ter água encanada em casa, ora essas águas entrarão em um conjunto de adutoras que levarão águas às cidades – como é o caso dos 183 km da adutora TransParaíba (PB), ou os 420 km da Adutora do Agreste (PE) ou o Cinturão das Águas, no sul do Ceará, na região da Chapada do Araripe, ou o Ramal do Apodi para atender o Rio Grande do Norte, onde a água será transportada por gravidade a partir do Reservatório Caiçara, na Paraíba, até o Reservatório Angicos, já no Rio Grande do Norte.

É possível verificar a complexidade da gestão da água no território beneficiado, com suas gigantes dimensões lineares e espaciais. A figura 28 ilustra um desenho esquemático do projeto e um trecho de canal trapezoidal já concluído.

FIGURA 28 – Mapa geral do PISF e um trecho do projeto concluído



Nota: mapa redesenhado pelo autor.

Com as águas do eixo Leste do PISF, em Pernambuco, a Adutora do Agreste atenderá 2 milhões de pessoas em 68 municípios. Na Paraíba, a adutora TransParaíba, atenderá 150 mil pessoas em 19 municípios, com água a ser capturada no Boqueirão. No Rio Grande do Norte, a água chegará por meio do sistema Piranhas-Açu. Neste sistema estão o Curema-Mãe D'Água, na Paraíba, e o Armando Ribeiro Gonçalves, o maior reservatório do Rio Grande do Norte.

Com as águas do eixo Norte do PISF, no Ceará, o Cinturão das Águas atenderá 1 milhão de pessoas na região do Cariri. Essas águas também alcançam o reservatório Castanhão. Estando na bacia do rio Jaguaribe, essas águas usam a infraestrutura existente do Eixão das Águas para reforçar o fornecimento de água para a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), com seus quase 4 milhões de habitantes. No Rio Grande do Norte, o Ramal do Apodi – cujas obras ainda não começaram – atenderá outros 44 municípios potiguares.

O debate sobre o PISF exigirá muito esforço desta e das próximas gerações. Há muitos aspectos que tomarão as atenções dos próximos anos dessa complexa obra. Testemunho, entretanto, no âmbito das reuniões referidas na CODEVASF, que a complexidade sem paralelo da gestão do PISF aposentou o padrão antigo e pouco efetivo: poucos em uma sala faziam o diagnóstico, achavam a solução e comunicavam-na. A rotina participativa e descentralizada praticada nessas reuniões colocou na mesa os envolvidos, coletou deles as informações relevantes, caracterizou coletivamente o problema, buscou con-

senso, caminhou na construção de um acordo, que deverá ser implantado e monitorado com o apoio de todos. Evidentemente, ainda há muitos consensos a serem alcançados, como os valores da tarifa da água do PISF. Ainda há muitas questões não pacificadas. A consultoria da FGV chegou ao fim, porém, muitos consensos ainda serão construídos pela CODEVASF, ANA, Ministério do Desenvolvimento Regional, CBHSF e pelos representantes dos Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará.

Aqui cabe uma breve digressão para uma análise comparada entre a infraestrutura hídrica do Estado da Califórnia e do PISF. A Califórnia tem uma das maiores redes de canais do mundo, materializadas pelas infraestruturas do **Central Valley Project** e do **State Water Project**. Em linhas gerais, por lá, há um norte com mais água, com menos população e menos atividade agrícola. Em contrapartida, há um sul muito seco, com imensa população e uma vigorosa atividade agrícola. Assim, esses dois projetos, asseguram que as águas do norte fluam para o sul do Estado. Mas, por um capricho da natureza, os dois rios do *central valley*, rio Sacramento (ao norte) e rio San Joaquin (ao sul), drenam suas águas para a baía de São Francisco – o maior estuário do continente americano no oceano pacífico.

A quantidade de água transferida do norte para o sul depende da quantidade de água estocada no norte e no sul, depende das demandas hídricas do norte e do sul, e depende das demandas ambientais do delta desses rios que formam esse imenso e complexo estuário. Suas demandas

ambientais, mais e mais, têm sido fator decisivo na definição de quanto de água fluirá para o delta, e quanto dessa água será transferida para atender as demandas hídricas do sul do Estado. Lá estão, entre outras cidades, Los Angeles e San Diego. A figura 29 apresenta os dois maiores projetos da Califórnia.

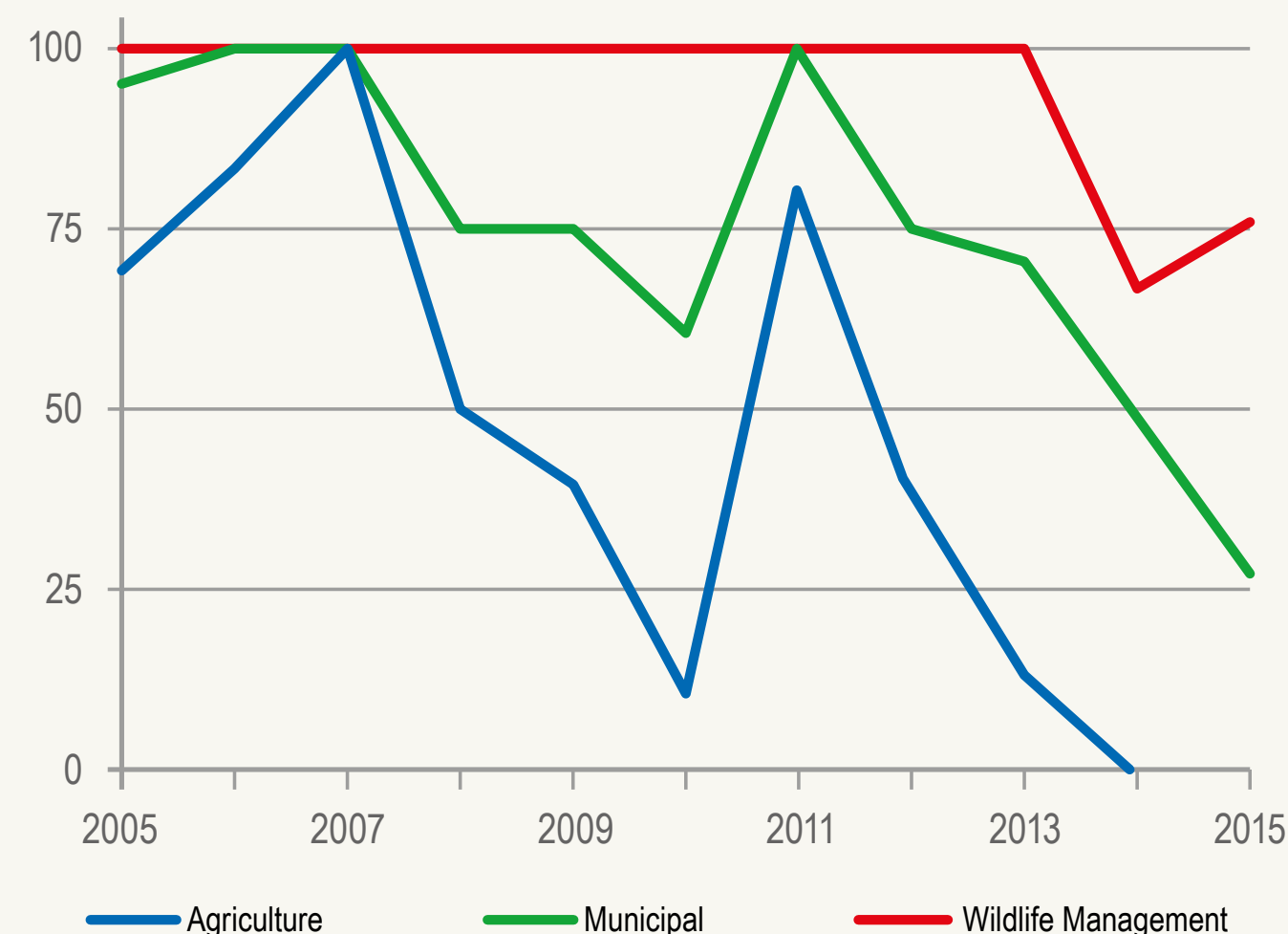
FIGURA 29 – A Califórnia e sua infraestrutura hídrica



A disputa por essas transferências de volumes de água é enorme e movimentada governos, organizações civis, universidades, empresas e irrigantes. A figura 30 ilustra o registro gráfico da transferência de água do norte para o sul realizadas pelo **Central Valley Project**, para um período de 10 anos, em porcentagem com relação aos volumes de metros cúbicos contratados. O gráfico deve ser lido assim: por exemplo, em 2008, foi fornecido 50% do volume contratado para a agricultura; em 2012, foi suprido 75% do volume contratado para atendimento dos serviços de água municipais do Central Valley. As

restrições do fornecimento decorreram da escassez de neve e água no período úmido no norte do Estado.

FIGURA 30 – Atendimento da demanda hídrica no Central Valley Project



Nota: figura redesenhada pelo autor.

As demandas dos hidrogramas ambientais – vazões ecológicas – têm sido fundamentais para as decisões sobre que volumes irão escoar para o delta e que volumes serão direcionados para o sul do Estado. Há um peixe, o *delta smelt*, uma espécie de 3-4 cm, que, ameaçado de extinção, tem exigido uma operação especial da infraestrutura para evitar seu desaparecimento. Este conflito com os irrigantes é gigante. Eles veem um pulso de vazão passar por suas margens sem poder se apropriar dessa água para salvar sua

plantação, para que esses volumes alcancem o delta para, melhorando as condições do ecossistema local, salvar o *delta smelt*. É fácil imaginar o nível de tensão.

Há semelhanças, e também diferenças, entre o caso californiano e o caso do rio São Francisco. A quantidade de água que o PISF aduzirá dependerá da quantidade de água estocada na bacia do rio São Francisco, da quantidade de água estocada nos estados receptores, dependerá das demandas hídricas das bacias receptoras e das demandas hídricas da bacia do rio São Francisco, com destaque para as demandas ambientais da foz. É neste sentido que muita pesquisa, muita discussão, muitos estudos e muitos consensos precisarão ser atingidos durante a operação do PISF. As demandas ambientais da foz são, ainda, um terreno imenso para estudos e pesquisas.

Retornando ao ponto central, no tema da alocação de custos do PISF, três pontos são fundamentais: modicidade tarifária, volumes anuais fornecidos para cada Estado e envolvimento dos usuários nas decisões que impliquem restrições de fornecimento. Vejamos a seguir algumas normas a respeito da tarifa de água do PISF.

A Resolução ANA Nº 2.333, de 27 de dezembro de 2017, estabeleceu que a **Operadora Estadual** é uma pessoa jurídica, designada em ato próprio dos Estados beneficiados, encarregada de operar as infraestruturas hídricas interligadas ao PISF para adução de água bruta nos respectivos Estados e de

firmar contrato com a Operadora Federal. Na Paraíba, o operador estadual é a Agência Executiva das Águas (AESA); em Pernambuco, é a Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC); no Ceará, é a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH); no Rio Grande do Norte, é o Instituto de Gestão das Águas do RN (IGARN).

A Nota Técnica Conjunta Nº 1/2017/COSER/SER/SAS, de 2 de junho de 2017, da ANA, é um documento indispensável para o leitor que quer conhecer em detalhes a definição da receita requerida e das tarifas de referência para a prestação do serviço de adução de água bruta do PISF⁷⁴. No documento é sugerida uma tarifa, com duas parcelas: a parcela fixa e a parcela variável. A parcela fixa é chamada de **tarifa de disponibilidade** e a parcela variável é chamada de **tarifa de consumo**. A **tarifa de disponibilidade** é decorrente da disponibilização de água para todos os Estados beneficiados e outros usuários, destinada a cobrir a parcela fixa da receita requerida, cobrada independentemente do uso da água. A **tarifa de consumo** é decorrente do consumo efetivo de água pelos estados beneficiados e outros usuários, destinada a cobrir a parcela variável da receita requerida, cobrada em função do volume de água entregue. A parcela fixa da receita requerida é formada por custos que ocorrem mesmo sem bombeamento de água e nela estão incluídos custos fixos, custos ambientais, custos administrativos e taxas de administração. A parcela variável da receita requerida é formada por custos que ocorrem quando há bombeamento de água.

A Portaria Nº 1804/2019, do Ministério do Desenvolvimento Regional, estabeleceu que as tarifas que remuneram os custos fixos e os custos variáveis do PISF terão valor único (R\$/m³) para todos os portais de entrega – em desacordo com os Princípios 2 e 3 citados alhures –, entretanto auxiliou a busca por consenso em torno do empreendimento. Para o ano de 2020, a Nota Técnica Nº 2/2020 COSER/SRE/ANA⁷⁵ apresentou uma proposta de **tarifa de disponibilidade** de R\$ 0,236/m³ e uma **tarifa de consumo** de R\$ 0,508/m³. A figura 31 ilustra essa proposta de tarifa de água para o PISF.

FIGURA 31 – Proposta de Tarifa de água do PISF



Seguindo na construção do arcabouço de normas a respeito do PISF, foi editada, em 15 de setembro de 2020, a Portaria N^o 2.447, do Ministério de Desenvolvimento Regional⁷⁶. A portaria estabeleceu as diretrizes básicas para elaboração do PGA do exercício 2021 do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF). Entre outras determinações foi disposto que⁷⁶:

[...]

V - A repartição de vazões entre as Operadoras Estaduais deve seguir o disposto no Art. 18 da Resolução N. 2.333/2017 da Agência Nacional de Águas, a não ser que haja um acordo formal entre as Operadoras;

VI - As tarifas que remuneram os custos fixos e os custos variáveis do PISF terão valor único (R\$/m³) para todos os portais de entrega e serão definidas em resolução específica do regulador;

VII - Os custos utilizados para cálculo da tarifa de disponibilidade e consumo correspondem àqueles referentes às infraestruturas do PISF desde os canais de aproximação junto ao Rio São Francisco até os Pontos de Entrega, incluindo o trecho em canal natural ao longo da calha do Rio Piranhas-Açu entre o Açude Engenheiro Ávidos, na Paraíba, e a divisa de Estado entre a Paraíba e Rio Grande do Norte, conforme descrito no Art. 5^o da Resolução n. 2.333/2017 da Agência Nacional de Águas;

VIII - O custo fixo apurado para o Projeto será dividido na mesma proporção que a vazão disponibilizada a cada Operadora Estadual;

IX - Excepcionalmente, até que o Ramal do Agreste esteja operacional, a vazão disponibilizada à Operadora Estadual de Pernambuco será equivalente à sua vazão de consumo aprovada no PGA;

X - Excepcionalmente, até que o Ramal do Apodi esteja operacional, a vazão disponibilizada à Operadora Estadual do Rio Grande do Norte será equivalente à sua vazão de consumo aprovada no PGA;

XI - São de responsabilidade da União os valores complementares da Tarifa de Disponibilidade das Operadoras Estaduais de Pernambuco e Rio Grande do Norte, que dizem respeito à diferença entre as vazões disponibilizadas a esses estados, nos termos dos incisos IX e X, e àquela vazão disponibilizada à qual teriam direito na repartição a que se refere o inciso V;

XII - O custo variável será proporcional à vazão entregue a cada Operadora Estadual.

Ainda há muitos consensos a serem alcançados para que os Estados e a União cheguem a um termo a respeito da operação e tarifas de água do PISF. Para auxiliar esse complexo processo, a Advocacia-Geral da União (AGU), por meio da Câmara de Conciliação e Arbitragem da Administração Federal

(CCAF), tem atuado na conciliação entre a União e as unidades da federação quanto ao modelo de operação e tarifa de água do PISF⁷⁷.



ASSISTA AO VÍDEO 9 – O Projeto de Integração do Rio São Francisco



No PISF, a partir dos portais de entrega, é preciso definir como os custos serão distribuídos aos usuários finais por meio dos Operadores Estaduais. A ficha técnica exposta na tabela 19, acompanhada dos princípios já comentados, auxilia o procedimento de negociação para a complexa alocação entre a União e os quatro Estados.

TABELA 19 – Ficha técnica para auxiliar a alocação de custos

FICHA TÉCNICA PARA ALOCAÇÃO DE CUSTOS

Passo 1) Avaliação das alternativas de cada usuário

Usuário	Benefício (R\$/m ³)	Custo alternativo (R\$/m ³)	Capacidade de pagamento (R\$/m ³)
CESB			
Irrigação			
Indústria			

Passo 2) Simulação de opções de tarifas

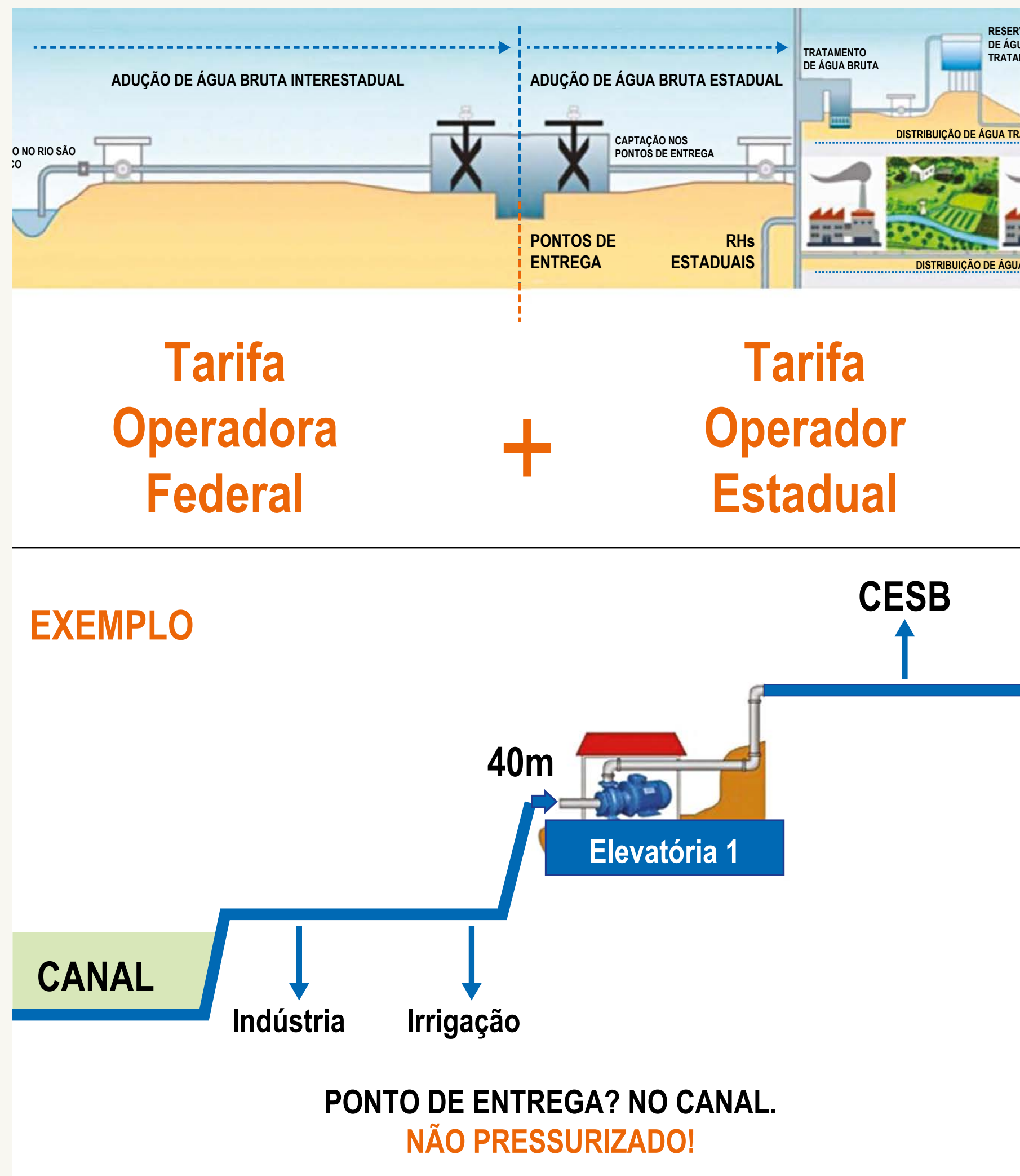
Usuário	Volume (m ³ /ano)	Tarifas do operador Estadual			
		Fixa (R\$/m ³)			Variável (R\$/m ³)
		Opção 1	Opção 2	Opção 3	
CESB					
Irrigação					
Indústria					

Passo 3) Apresentação das tarifas finais (Operador Federal + Operador Estadual)

Usuário	Tarifa do Operador Federal	Tarifa do Operador Estadual	
		Fixa (R\$/m ³)	Variável (R\$/m ³)
CESB			
Irrigação			
Indústria			

Vejamos uma aplicação do procedimento mediante o exemplo da figura 32, onde há um trecho de uma infraestrutura hídrica de um operador estadual conectado ao PISF. A partir de um portal de entrega, será realizado o serviço de distribuir água para uma indústria, um perímetro de irrigação e, após uma estação elevatória com recalque de 40 metros, à Companhia de Saneamento do Estado (CESB). Como deveriam ser alocados os custos para os usuários finais atendidos pelo Operador Estadual nesse trecho?

FIGURA 32 – Exemplo para alocação de custos do PISF



Nota: figura redesenhada pelo autor.

O procedimento de, em um processo de alocação de custo, unir os oito conceitos apresentados no início do capítulo com a ficha técnica, eu intitulei **Método dos Benefícios Excedentes**. O **Método dos Benefícios Excedentes** aplicado às condições expostas na figura 32 pode ser resumido nos seguintes passos:

1. Para cada usuário, por cada trecho em análise, será preciso estimar o benefício de receber a água, o custo de uma fonte alternativa e a capacidade de pagamento (tabela 19);
2. Como se trata de uma negociação, ao conhecer o benefício de receber a água, o custo de uma fonte alternativa e a capacidade de pagamento haverá melhor percepção da negociação possível. Por exemplo: se o PISF oferece a um usuário um custo de água maior que o custo que este usuário tem em uma fonte de água alternativa, não será fácil atraí-lo para um acordo. A mesma reflexão vale em conhecer a capacidade de pagamento. Ao se oferecer um custo de água do PISF acima da capacidade de pagamento do usuário, também não será possível alcançar um acordo. Idem para um custo que seja superior ao benefício trazido pela água;
3. Os custos advindos do Operador Federal serão transferidos integralmente para os Operadores Estaduais e, por sua vez, imputados aos usuários do trecho em análise;

- Os custos fixos (CF), como os custos com vigilância, salário das equipes, ativos imobilizados, aluguéis, entre outros, e que atendem a todos os usuários, serão divididos em parcelas iguais para os usuários do trecho analisado, conforme a figura 32;
- Os custos variáveis, essencialmente a energia elétrica (custo variável no trecho), serão alocados na proporção do consumo de energia para atender a demanda hídrica de cada usuário.

A tabela 20 apresenta a ficha técnica preenchida parcialmente para ilustrar o processo.

TABELA 20 – Exemplo de ficha técnica para auxiliar a alocação de custos

FICHA TÉCNICA PARA ALOCAÇÃO DE CUSTOS			
Passo 1) Avaliação das alternativas de cada usuário			
Usuário	Benefício (R\$/m³)	Custo alternativo (R\$/m³)	Capacidade de pagamento (R\$/m³)
CESB			
Irrigação			
Indústria			

Passo 2) Simulação de opções de tarifas

Usuário	Volume (m³/ano)	Tarifas do operador Estadual			
		Fixa (R\$/m³)			Variável (R\$/m³)
		Opção 1	Opção 2	Opção 3	
CESB	A	33,3%	60%	50%	100%
Irrigação	B	33,3%	20%	20%	-
Indústria	C	33,3%	20%	30%	-

Passo 3) Apresentação das tarifas finais (Operador Federal + Operador Estadual)

Usuário	Tarifa do Operador Federal	Tarifa do Operador Estadual	
		Fixa (R\$/m³)	Variável (R\$/m³)
CESB	100%	$\frac{1}{3} \cdot \frac{CF}{(A+B+C)}$	CV/A
Irrigação	100%	$\frac{1}{3} \cdot \frac{CF}{(A+B+C)}$	-
Indústria	100%	$\frac{1}{3} \cdot \frac{CF}{(A+B+C)}$	-

A tabela 20 consolida o método e mostra a tarifa proposta do Operador Federal. Os custos fixos serão divididos (1/3) em partes iguais entre os usuários ou em outra proporção (por exemplo, 50%, 20%, 30%) se no curso da

negociação for preciso esta mudança para alcançar um consenso. Já a energia, que é o custo variável do trecho da infraestrutura hídrica, será alocada apenas para a CESB, porque o funcionamento da estação elevatória contida na figura 32 atende unicamente a CESB. O vídeo 10, disponível na sequência, ajuda a explicar o conceito.

O procedimento contido na tabela 19 tem a força de reunir as informações necessárias para a busca por consenso na definição de alocação de custos e definição de tarifas de águas. Essa complexa busca é um processo político, baseado em informações técnicas que necessariamente precisa considerar os aspectos de capacidade fiscal dos Estados envolvidos, assim como a realidade dos usuários de água. Há usuários com alta capacidade de pagamento, há usuários com mínima capacidade de pagamento, assim, é preciso que um acordo trate adequadamente essas variações incontestáveis.



ASSISTA AO VÍDEO 10 – Tarifas do Projeto de Integração do Rio São Francisco



EPÍLOGO

Há poucos livros dedicados à engenharia econômica aplicada à infraestrutura hídrica. Entretanto, há muitos e bons livros a respeito da engenharia econômica. A ideia da criação deste livro foi ajudar a diminuir esta lacuna. Mas não só isso: o texto foi escrito para mostrar as potencialidades, detalhes e a utilidade de estudos nessa rica interseção entre a engenharia econômica e os recursos hídricos.

Os estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA) para projetos de infraestrutura hídrica têm mais farta produção para a primeira e terceira perspectivas. Este livro associa-se ao esforço de criar mais estudos a respeito da segunda perspectiva.

A estimativa de custos na infraestrutura hídrica é fundamental à sustentabilidade desse setor, que é essencial ao Brasil. Nossos hábitos diários, nossa alimentação, a energia hidrelétrica que nos atende, os produtos manufaturados, o lazer, o turismo, a navegação interior, a preservação dos ecossistemas são alguns dos exemplos de como a água é essencial à nossa vida moderna.

O uso da água exige uma complexa articulação entre os usuários, os governos e a sociedade civil. À medida que os serviços prestados pela infraes-

trutura hídrica se tornam mais complexos, cresce a importância de compreender e garantir a sustentabilidade financeira desses empreendimentos.

O livro trouxe conceitos e muitos exemplos reais e contemporâneos dos setores de irrigação, navegação, geração de energia elétrica, saneamento básico, do setor industrial, entre outros. Há memórias de cálculo e o uso detalhado de planilhas eletrônicas, assim o leitor pode usar o conteúdo com segurança e facilidade em seus estudos, pesquisas e obrigações profissionais.

O Brasil precisa seguir qualificando seus projetos de infraestrutura hídrica. O desenvolvimento pleno da sociedade brasileira também depende da boa gestão dos recursos hídricos nacionais. Este livro foi criado para ajudar nesta caminhada.

REFERÊNCIAS

- 1 RESENHA diária do monitoramento. *In*: FUCEME (Ceará); COGERH (Ceará). **Portal hidrológico do Ceará**. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/reservatorios/quantidade/resenha-diaria>. Acesso em: 23 dez. 2020.
- 2 RESENHA diária do monitoramento. *In*: FUCEME (Ceará); COGERH (Ceará). **Portal hidrológico do Ceará**. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/reservatorios/quantidade/resenha-diaria>. Acesso em: 26 jan. 2021.
- 3 ONS (Brasil). **Sobre o SIN**: o sistema em números. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em: 2 jan. 2021.
- 4 PEDROSA, Valmir de Albuquerque. **Construindo pactos pelo uso da água**. Disponível em: www.valmirpedrosa.com. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 5 GERMANY – inland tariff – Rhine low water surcharge. *In*: HAPAG-LLOYD. 9 Apr. 2020. Disponível em: <https://www.hapag-lloyd.com/pt/news-insights/news/2020/04/germany---inland-tariff---rhine-low-water-surcharge.html>. Acesso em: 5 jan.2021.
- 6 GOVERNADORA em exercício participa de reabertura da Hidrovia Tietê-Paraná nesta quarta. 27 jan. 2016. Disponível em: <https://www.sedhast.ms.gov.br/governadora-em-exercicio-participa-de-reabertura-da-hidrovia-tiete-parana-nesta-quarta/>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 7 RETOMADA navegação na Hidrovia Paranaíba-Tietê-Paraná. 11 mar. 2016. Disponível em: <https://www.goias.gov.br/servico/84467-retomada-navegacao-na-hidrovia-paranaiba-tiete-parana.html>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 8 AQUAPOLO. [2019?]. Disponível em: <http://www.gsinimabrasil.com.br/pt-br/pagina/aquapolo>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 9 PLANTA de dessalinização da ArcelorMittal Tubarão recebe premiação mundial. 23 out. 2019. Disponível em: <https://brasil.arcelormittal.com.br/sala-imprensa/noticias/tubarao/planta-de-dessalinizacao-da-arcelormittal-tubarao-recebe-premiacao-mundial>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 10 HARAGUCHI, Masahiko; LALL, Upmanu. **Flood risks and impacts future research questions and implication to private investment decision-making for supply chain networks**. Jan. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/248380841>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 11 AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO (Distrito Federal). **Resolução nº 17, de 7 de outubro de 2016**. 2016. Disponível em: http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/8Legislacao/Res_ADASA/resolucao17_2016_tarifacontingencia.pdf. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 12 GOVERNADOR pede apoio da União contra a crise hídrica. 4 nov. 2020. Disponível em: <http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=109509>. Acesso em: 5 jan. 2021.

- 13 FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS (Brasil). **Demonstrações financeiras e relatório de administração do ano 2017**. Rio de Janeiro: Furnas, 2018.
- 14 SECA pode reduzir até 40% da produção de café em regiões mineiras. 17 dez. 2020. Disponível em: <https://www.revistanegociorural.com.br/noticias/seca-pode-reduzir-ate-40-da-producao-de-cafe-em-regioes-mineiras/#:~:text=As%20lavouras%20tiveram%20muitas%20flores,que%2035%20a%2040%20sacas>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 15 CORTEZ, Helder dos Santos; LIMA, Gianni Peixoto de; SAKAMOTO, Meiry Sayuri. A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, v. 22, n. 44, p. 83-118, jan./jun. 2017. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/858/786. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 16 PESQUISA Pecuária Municipal (PPM) 2019: crescimento de todas as atividades englobadas na pesquisa em relação a 2018. **Comunicado técnico**, edição 30/2020, 29 out. [2020]. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/boletins/sut.ct.ppm2019.22out2020.vf.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 17 BAHIA PESCA. **Relatório da mortandade de peixes em 2007 nos cultivos de tanques-rede no reservatório de Xingó, município de Paulo Afonso-BA**. [Salvador: Bahia Pesca], 2007.
- 18 DISTRITO DE IRRIGAÇÃO NILO COELHO. **Relatório anual da Gerência Executiva**: fechamento do exercício de 2019. Petrolina: DINC, [2020?]. Disponível em: <https://www.dinc.org.br/gestao-a-vista-2/>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- 19 USUÁRIOS e valores. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/contrato-de-gestao/usuarios-e-valores/>. Acesso em: 7 nov. 2020.
- 20 BRASIL. **Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013**. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação; altera o art. 25 da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002; revoga as Leis nºs 6.662, de 25 de junho de 1979, 8.657, de 21 de maio de 1993, e os Decretos-Lei nºs 2.032, de 9 de junho de 1983, e 2.369, de 11 de novembro de 1987; e dá outras providências. Disponível em: www.planaltp.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12787.htm. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 21 PANORAMA da participação privada no saneamento – 2020; tempo de avançar. São Paulo: Abcon: Sindcon, ago. 2020. Disponível em: <https://www.abconsindcon.com.br/panoramas/>. Acesso em: 30 jan. 2021.
- 22 OBRAS vão resolver problemas de cheias em Francisco Beltrão. 8 ago. 2019. Disponível em: <http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=103215&tit=Obras-vaio-resolver-problemas-de-cheias-em-Francisco-Beltrao>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 23 WORLD BANK; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil – 1995-2014**. Florianópolis: World Bank: UFSC, 2016.
- 24 CEARÁ. **Ata da reunião da Comissão Central de Concorrências, do dia 06 de outubro de 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.pge.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2020/10/ATA-CP-20200001-CAGECE06-10-2020.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 25 ESTRUTURA tarifária. Fortaleza: Cagece. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/produtos-e-servicos/precos-e-prazos/estrutura-tarifaria/>. Acesso em: 30 dez. 2020.
- 26 JAMES, Leonardo Douglas; LEE, Robert. **Economics of water resources planning**. New York: McGraw Hill, 1971.

- 27 BANK OF AMERICA MERRILL LYNCH. **A blue revolution**: global water. New York: Bank of America, 2012.
- 28 NATURAL CAPITAL FINANCE ALLIANCE; DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. **Drought stress testing making financial institutions more resilient to environmental risk**. 2017. Disponível em: <<http://www.unepfi.org/ecosystems/ncfa/drought-stress-testing-tool/>>. Acesso em: 13 maio 2018.
- 29 VALE. **Formulário de referência submetido à Comissão de Valores Mobiliários (CVM)**. 2017. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/pt/investors/information-market/annual-reports/reference-form/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 30 RELATÓRIO integrado 2019. [São Paulo]: BRF, [2020?]. Disponível em: https://www.brf-global.com/wp-content/uploads/2020/05/BRF_RI_2019_PORT.pdf. Acesso em: 15 jan. 2021.
- 31 MARSHALL, Alfred. **Princípios de economia**. São Paulo: Nova Cultural, 1996.
- 32 PEDROSA, Valmir de Albuquerque. **Tarifas nas empresas de saneamento**. Orientador: Antônio Eduardo Leão Lanna. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 33 BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000... Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 34 ÁGUAS DE GUARANTÃ. **Tarifas**. Disponível em: <https://www.aegeamt.com.br/legislacao-e-tarifas/aguas-de-guaranta>. Acesso em: 23 jan. 2021.
- 35 BRASKEM. **Relatório anual 2015**. Disponível em: <https://www.braskem.com.br/relatorio-anual-2015>. Acesso em: 12 dez. 2020.
- 36 ENEVA (Rio de Janeiro). **Comunicados ao mercado**. 2 de março de 2017. Disponível em: <https://ri.eneva.com.br/atas-e-comunicados/fatos-relevantes-e-comunicados/>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 37 BRASIL. Ministério da Economia. **Guia prático de análise custo-benefício de projetos de investimentos em infraestrutura**. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/guia-acb-infraestrutura_vcp_2.pdf/view. Acesso em: 18 jan. 2021.
- 38 SERASA ENSINA. **CET: o que é custo efetivo total e para que serve?** Disponível em: <https://www.serasa.com.br/ensina/seu-credito/cet-o-que-e/>. Acesso em: 15 dez. 2020.
- 39 SAIBA tudo sobre a amortização do financiamento. Disponível em: <https://www.bv.com.br/bv-inspira/noticias/amortizacao-do-financiamento>. Acesso em: 5 de jan. 2021.
- 40 [COMO contratar meu financiamento]. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/habitacao-documentos-gerais/Como_contratar_meu_financiamento.pdf. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 41 CORSAN e Prefeitura vistoriam obra de estação de tratamento de esgoto em Canela. 23 jul. 2020. Disponível em: <https://www.corsan.com.br/corsan-e-prefeitura-vistoriam-obra-de-estacao-de-tratamento-de-esgoto-em-canela>. Acesso em: 5 jan. 2021.

- 42 DARDANELOS. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/pt-br/sobrenos/linhas-de-negocios/renovaveis/renovaveis-hidrica/Paginas/dardanelos.aspx>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 43 DUAS Pontes: projeto e construção. Disponível em: <https://www.daeepedreiraeduaspontes.com.br/index.php/barragem-duas-pontes/projeto-e-construcao-2>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 44 GOVERNO de SP assina ordem de serviço para construção da Barragem de Duas Pontes. 6 ago. 2020. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/2020/08/governo-de-sp-assina-ordem-de-servico-para-construcao-da-barragem-de-duas-pontes/>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 45 HIDROSTUDIO ENGENHARIA; THEMAG ENGENHARIA E GERENCIAMENTO. Relatório de impacto ambiental: RIMA: barragens Pedreira e Duas Pontes. São Paulo: Hidrostudio: Themag, 2013. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/eiarima/rima/RIMA_189_2013.pdf. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 46 BNDES aprova financiamento de R\$ 56,7 milhões para PCH. 12 dez. 2007. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/20071213_not279_07. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 47 BANCO do Nordeste anuncia financiamento a instalação de uma usina fotovoltaica no Médio São Francisco. 16 abr. 2019. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/noticias/-/asset_publisher/x8xtPijhdmFZ/content/banco-do-nordeste-anuncia-financiamento-a-instalacao-de-usina-fotovoltaica-no-medio-sao-francisco/50120?inheritRedirect=false. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 48 SANTOS, Gesmar Rosa dos; KUWAJIMA, Julio Issao; SANTANA, Adrielli Santos. **Regulação e investimento no setor de saneamento no Brasil**: trajetórias, desafios e incertezas. Rio de Janeiro: IPEA, ago. 2020. (Texto para Discussão 2587). Disponível em: TD_210056_TD_Regulacao_Miolo.indd. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 49 BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão nº 605/2020**. Processo 036.383/2018-0. Relator: Augusto Nardes, 18 de março de 2020. Relatório de levantamento. Disponível em: <https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 50 BNDES aprova R\$ 145 milhões para obras de saneamento, pavimentação e urbanização em Fortaleza. 3 jul. 2019. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-aprova-145-milhoes-para-obras-de-saneamento-pavimentacao-urbanizacao-fortaleza>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 51 BNDES aprova R\$ 25,5 milhões para obras de saneamento básico em Mato Grosso. 25 jul. 2018. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-aprova-r-25-5-milhoes-para-projeto-de-saneamento-basico-em-mato-grosso>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 52 OLIVEIRA, Erik. **Governador assina contrato com Banco Mundial e assegura investimentos de US\$ 207 milhões na infraestrutura hídrica**. 2 dez. 2020. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/2020/12/02/governador-assina-contrato-com-banco-mundial-e-assegura-investimentos-de-us-207-milhoes-na-infraestrutura-hidrica/>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 53 EMBASA apresenta projetos de saneamento para moradores de Camaçari e Dias D'Avilla. 23 set. 2019. Disponível em: <http://www.embasa.ba.gov.br/index.php/conteudo-multimedia/noticias/2390-embasa-apresenta-projetos-de-saneamento-para-moradores-de-camacari-e-dias-d-avilla>. Acesso em: 5 jan. 2021.

- 54 CLIMATE Bonds Initiative. Disponível em: <https://www.climatebonds.net/>. Acesso em: 13 jan. 2021.
- 55 CALDECOTT, Ben. **Water infrastructure climate adaptation: opportunity scale funding and financing**. Nov. 2018. Disponível em: <https://www.worldwatercouncil.org/en/publications/water-infrastructure-climate-adaptation-opportunity-scale-funding-and-financing>. Acesso em: 15 jan. 2021.
- 56 AEGEA Saneamento capta R\$ 155 milhões com emissão de debêntures de infraestrutura. Disponível em: <https://ri.aegea.com.br/noticia/aegea-saneamento-capta-r-155-milhoes-com-emissao-de-debentures-de-infraestrutura/>. Acesso em: 15 jan. 2021.
- 57 SUZANO PAPEL E CELULOSE. Relatório anual Green Bonds 2017. São Paulo: Suzano, 2017. Disponível em: <https://storage.googleapis.com/stateless-site-suzano-com-br/2020/06/dca3d708-relat%C3%B3rio-anual-green-bonds-suzano-2016-17.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 58 AMAGGI tem estreia de sucesso no mercado de capitais com a emissão de US\$ 750 milhões em títulos sustentáveis. **Amaggi em Pauta, Notícias**, 22 jan. 2021. Disponível em: <https://www.amaggi.com.br/noticias/amaggi-sustainability-bonds/>. Acesso em: 3 fev. 2021.
- 59 LANNA, Antônio Eduardo. **Economia dos recursos hídricos**. [Porto Alegre]: UFRGS, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2001.
- 60 WORLD BANK. **Cost-benefit analysis in World Bank projects**. Washington, DC: World Bank, 2010. Disponível em: https://ieg.worldbankgroup.org/sites/default/files/Data/Evaluation/files/cba_full_report1.pdf. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 61 GITTINGER, James Price. **Economic analysis of agricultural projects**. Baltimore: John Hopkins Univ. Press, 1982.
- 62 BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO (Brasil). **Pregões eletrônicos 2018**. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/licitacoes-contratos/licitacoes/pregoes-eletronicos/pregoes-eletronicos-2018>. Acesso em: 12 dez. 2020.
- 63 MARQUES, Francisco José Albuquerque. **Estudo de viabilidade econômica da implantação e operação de uma adutora de vinhaça**. 2010. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Programa de Pós-Graduação de Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas.
- 64 CAMDESSUS, Michel; WINPENNY, James. **Financing water for all: report of the World Panel on Financing Water Infrastructure**. [Paris]: World Water Council, 2003. Disponível em: https://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/Library/Publications_and_reports/CamdessusSummary.pdf. Acesso em: 8 jan. 2021.
- 65 COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. **Editais e contratações**. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/documentos-publicacoes/editais/>. Acesso em: 3 jan. 2021.
- 66 STRONG, Colin; REIG, Paul; KÖBEL, Julian; NOE, Cindy. **Mapping public water management by harmonizing and sharing corporate water risk information**. Washington, DC: World Resource Institute, 2018.
- 67 FINANCIAMENTO da construção de Itaipu. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/institucional/financiamento-da-construcao-de-itaipu>. Acesso em: 17 jan. 2021.

- 68 RELATÓRIO anual Itaipu Binacional 2019. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/af_df/RELATORIO_ANUAL_ITAIPU_2019.pdf. Acesso em: 17 jan. 2021.
- 69 HIDROVIA do Paraná-Tietê. 13 out. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/aquaviario/hidrovia-do-tiete-parana>. Acesso em: 24 dez. 2a020.
- 70 A PARTNERSHIP for a sustainable future. Disponível em: <https://wdcwa.com>. Acesso em: 19 dez. 2020.
- 71 AGREEMENT-AMENDED 2013 water supply contract. Disponível em: <https://www.wdcwa.com/project-history>. Acesso em: 10 set. 2020.
- 72 WATER project honors community consensus. 18 jan. 2013. Disponível em: <https://www.davisenterprise.com/forum/opinion-columns/water-project-honors-community-consensus/>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 73 AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Estudos sobre o PISF**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/estudos-sobre-o-pisf>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 74 AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf>. Acesso em: 6 jan. 2020.
- 75 AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Nota técnica nº 2/2020/COSER/SER**. 14 jan. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/pisf-arquivos/tarifa/tarifa-2020-arquivos/nota-tecnica-no-02-2020.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 76 BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Portaria nº 2.447, de 15 de setembro de 2020**. Estabelece as diretrizes básicas para elaboração do Plano de Gestão Anual (PGA) do exercício 2021 do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF). Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-2.447-de-15-de-setembro-2020-277666025>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- 77 TRANSPOSIÇÃO: AGU e estados do Nordeste discutem início da operação no São Francisco. 16 jun. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agu/pt-br/comunicacao/noticias/transposicao-agu-e-estados-do-nordeste-discutem-inicio-da-operacao-no-sao-francisco--771218>. Acesso em: 6 jan. 2020.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CLARK, Elwood; Jacobson, Kib; OLSON, Douglas C. **Avaliação econômica e financeira de projetos de irrigação**: manual de irrigação. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2002.

GIBBONS, Diana C. **The economic value of water**. New York: Resources for the Future, 1986.

MANKIW, N. Gregory. **Introdução à Economia**. 3. ed. Boston: Cengage Learning, 2008.

NEWNAN, Donald; LAVELLE, Jerome; ESCHENBACH, Ted. **Engineering economic analysis**. 10th ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 2009

PARK, Chan S. **Fundamentals of engineering economics**. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2008.

O AUTOR



VALMIR DE ALBUQUERQUE PEDROSA é professor titular da Universidade Federal de Alagoas e autor dos livros **Solução de conflito pelo uso da água** (2017), **Construindo a segurança hídrica** (2018) e **Construindo pactos pelo uso da água** (2020). Desenvolveu os Relatórios Segurança hídrica no Plano Regional de Desenvolvimento do Nordeste para a SUDENE/PNUD (2019) e Segurança hídrica – novo risco para a competitividade para a Conferência Nacional da Indústria – CNI (2018). Compõe a equipe do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) na revisão do Eixo de Segurança Hídrica e Conservação Ambiental do Plano Regional de Desenvolvimento do Nordeste para a SUDENE (2021).

É o criador do curso **Gestão de Conflitos pela Água**, já tendo desenvolvido 28 edições, conforme convite das seguintes organizações: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA/UNESCO), ArcelorMittal Tubarão, SunCoke Energy, CBH rio Piranhas-Açu (PB e RN), CBH Rio Doce (MG e ES), Agência Peixe Vivo para o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF), Secretaria de Meio Ambiente de Mato Grosso, Secretaria de Meio Ambiente da Bahia, Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos de Pernambuco-APAC, Universidade Federal do Espírito Santo, Federação das Indústrias do Estado da Bahia, Federação das Indústrias do Estado do Espírito Santo e Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CONTATOS:

✉ valmirpedrosa@ctec.ufal.br

🌐 www.valmirpedrosa.com

in <https://www.linkedin.com/in/valmir-pedrosa/>

"Nunca a vida humana aconteceu sem água. A vida como a conhecemos depende dos serviços providos pela infraestrutura hídrica. Conhecer os meandros da engenharia econômica é fundamental para o desenvolvimento desta infraestrutura. Este livro foi produzido para ajudar nesta tarefa."

PATROCÍNIO



ArcelorMittal

