

IRAN MARQUES DE LIMA



P+L

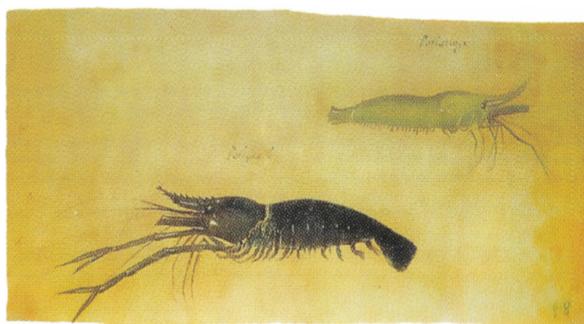
NA CARCINICULTURA



Editora Biblioteca Ocidente
LIBRUM LUX MUNDI

Iran Marques de Lima

PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA CARCINICULTURA



Editora Biblioteca Ocidente

2023

Copyright © 2023 by Iran Marques de Lima

Direitos reservados a:

Editora Biblioteca Ocidente
Av. Parque das Lagoas, 195
Parnamirim-RN, CEP 59154-325

Título original em língua portuguesa: Produção mais limpa na carcinicultura.

Capa: Gabriel Araújo

Desenhos da capa: camarão — *iconPerk.com*, folhas — *Puckung graphic design factory*,
ambas com licença CC BY 3.0; tubo de ensaio — *Yaicon*, com licença CC BY 3.0;
ondulações — licença gratuita, disponível em
<<https://www.iconfinder.com/iconsets/nautical-9>>.

Imagem da folha de rosto: *Potiatinga e Potiguaçu* de Albert Eckhout.

Tipografia: Cormorant, Special Elite

Editor: Francisco Isaac D. de Oliveira

Comitê editorial: Bruno B. A. da Costa (IFRN), Francisco Isaac D. de Oliveira (PUC-SP),
Mariza Silva de Araújo (IFESP–Natal), Roberto Airon Silva (UFRN) e Thiago do N.
Torres de Paula (FAPERN).

Disponível gratuitamente em formato e-book no site *www.revistagalo.com.br*.

Visite nossas redes sociais: *@editorabocidente* e *@revistagalo*.

Dados da catalogação de publicação da Biblioteca do Ocidente,
Parnamirim-RN, Brasil

L 732 p

Lima, Iran Marques de.

Produção mais limpa na carcinicultura. — Parnamirim, RN:
Editora Biblioteca Ocidente, 2023.

Dados eletrônicos (1 arquivo PDF : ca 1 MB)

ISBN e-book : 978-65-00-82718-7

1. Carcinicultura 2. Gestão ambiental 3. Impactos ambientais
I. Lima, Iran Marques de. II. Oliveira, F. Isaac D. de. Título.

CDD-500.660

CDU-65:504(043.2)

Índice para catálogo sistemático:

1. Problema Social 360

2. Brasil : animais 590

Adriana de L. Teixeira – Bibliotecária – CRB-15/0550

*A meus filhos Rebeca, Artur, Flora,
minha esposa Girlene, razão maior
da minha luta e fonte de estímulo
para novas conquistas.*

Sumário

Lista de figuras vi

Lista de tabelas viii

Lista de equações ix

Apresentação x

Introdução geral 1

- 1.1 Contextualização do problema — Produção, carcinicultura e sustentabilidade 1
- 1.2 A hipótese 5
- 1.3 Os objetivos 5

Aspectos teóricos 6

- 2.1 Evolução da carcinicultura como atividade produtiva . . . 6
- 2.2 Descrição do processo produtivo 11
- 2.3 O meio ambiente como fator de competitividade e responsabilidade social 23

Estado da arte 33

- 3.1 Aspectos e impactos ambientais no segmento da carcinicultura 33
- 3.2 Conformidade ambiental e carcinicultura 36
- 3.3 O Metabissulfito de sódio 40
- 3.4 Os sistemas de gerenciamento ambiental 47

3.5	A produção mais limpa	51
	Metodologia experimental	60
4.1	A metodologia experimental	61
4.2	Material e métodos	61
4.3	A fonte de calor	63
4.4	O método	63
4.5	O planejamento do experimento	64
4.6	A pesquisa de campo	64
	Resultados e discussão	66
5.1	Análise da cinética e estequiometria do decaimento oxidativo do metabissulfito de sódio	66
5.2	Proposta de estratégia de gestão ambiental construída nos ditames da produção mais limpa, baseada em estudo de caso descrito no capítulo anterior	73
	Conclusão	93
6.1	A validação da hipótese	93
6.2	Limitações do trabalho	95
6.3	Direcionamento para pesquisas futuras	95
	Referências	98
	Anexos	108

Lista de figuras

2.1	Evolução da produção mundial aquícola	8
2.2	Evolução da produção do segmento da carcinicultura Brasileira	9
2.3	Fluxograma do processo de cultivo de camarões marinhos	12
2.4	Impacto da questão ambiental na organização	31
3.1	Abordagem metodológica da P+L	55
3.2	Níveis de aplicação de P+L	56
4.1	Visão geral do reator usado no experimento	62
4.2	Visão interna do reator	63
5.1	Efeito da temperatura na oxidação do efluente sintético	67
5.2	Efeito da temperatura na oxidação do efluente sintético na presença de oxigênio em excesso	68
5.3	Efeito do aumento da temperatura na oxidação do efluente sintético na presença de oxigênio em excesso	69
5.4	Resultados dos testes de bancada para o modelo proposto	71
5.5	A hierarquia do gerenciamento da água	75
5.6	Fluxograma de manutenção e preparação do viveiro	79
5.7	Fluxograma do povoamento e engorda em viveiro	81
5.8	Fluxograma da despesca do viveiro	82
5.9	Fluxograma das entradas e saídas para o processo de geração de ar comprimido	84
5.10	Fluxograma das entradas e saídas para o processo de geração de vapor	85
5.11	Fluxograma das entradas e saídas para o tratamento de água	88

5.12 Fluxograma das entradas e saídas para o sistema de refrigeração 90

Lista de tabelas

2.1	Capacidade volumétrica dos viveiros em produção [m ³]	13
2.2	Fatores de correção de pH do solo	14
2.3	Parâmetros de processo	17
2.4	Correção da dosagem de ração nos comedouros	19
2.5	Parâmetros de qualidade de água para a carcinicultura	22
3.1	Reações químicas do Metabissulfito de Sódio e Bissulfito de Sódio	44
3.2	Principais instrumentos de política ambiental pública	51
5.1	Entradas e saídas do processo de manutenção e preparação do viveiro	80
5.2	Entradas e saídas do processo de povoamento e engorda do viveiro	81
5.3	Entradas e saídas do processo de despesca do viveiro	82
5.4	Perdas de energia elétrica estimada a partir de um compressor com pressão de trabalho de 6 bar	84
5.5	Emissões de combustão de óleo combustível	86
5.6	Perdas de água por vazamentos a uma pressão de 4,5 bar . . .	89
5.7	Emissões de combustão de óleo combustível	91

Lista de equações

3.1	Reação do bissulfito de sódio com água	44
3.2	Dissociação do ácido sulfuroso	44
3.3	Reação do metabissulfito de sódio — quantidade adequada de água (1)	44
3.4	Reação do metabissulfito de sódio — quantidade adequada de água (2)	44
3.5	Reação do metabissulfito de sódio — quantidade insuficiente de água	44
5.1	Reações do metabissulfito de sódio	71
5.2	Equilíbrio químico do íon bissulfito	72
5.3	Equilíbrio químico do íon sulfito	72
5.4	Oxidação do anidrido sulfuroso	72

Apresentação

Este livro traz na íntegra a tese “*Estratégia de gestão ambiental baseada nos princípios da Produção mais Limpa: um estudo de caso focado no segmento da carcinicultura*”, de Iran Marques de Lima, usada para obter o título de Doutor em Ciências em Engenharia Química na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em abril de 2008.

O objetivo do trabalho é apresentar uma estratégia de implementação da produção mais limpa (P+L) em uma fazenda de cultivo de camarões. A metodologia utilizada foi pesquisa exploratória, realizada pela investigação via estudo de caso, implementada em uma unidade produtiva localizada no nordeste do Brasil. O trabalho aborda desde aspectos genéricos da técnica no que diz respeito ao gerenciamento do uso da água, energia, e da caracterização do efluente desta atividade produtiva. Discute aspectos quantitativos, considerações ambientais, e oportunidades de P+L nas fases do processo produtivo. Os resultados apontam para economias de insumos sob a forma de alimentos, corretivos de solo, medicamentos, e energia aplicados ao processo, que variam de 4 a 27%, ressaltando-se que o pequeno ganho financeiro, deve ser encarado como uma fonte de considerável benefício ambiental. Os autores concluem pela propriedade da adoção da técnica neste segmento do agronegócio, ressaltando a importância do gerenciamento da dosagem de insumos na qualidade do efluente final, além da adoção de um mecanismo de remediação físico-química para o residual de metabissulfito de sódio utilizado na despesca.

Capítulo 1

Introdução geral

1.1 Contextualização do problema — Produção, carcinicultura e sustentabilidade

Desde os primórdios da civilização o homem exerce atividades modificadoras sob o meio ambiente. Sua capacidade potencialmente transformadora permaneceu pequena por milênios — o meio ambiente prevalecia em face a sua grande capacidade de autodepuração.

O processo sócio-econômico denominado revolução industrial ocorrido na Inglaterra em meados do século XVIII, e posteriormente replicado para o restante do planeta, introduziu uma grande alteração neste cenário. A partir deste marco, a capacidade da espécie humana de mudar o meio biótico aumentou gradativamente, suplantando a capacidade do ecossistema de se restabelecer.

A necessidade da sociedade produzir bens e serviços para fazer face ao crescimento vertiginoso da população mundial agravou este processo de forma preocupante até os dias atuais, sem uma iniciativa social articulada para questionar os efeitos do fenômeno, persistindo este cenário até a segunda metade do século passado (Lima, 2003).

Iniciativas isoladas modificaram o processo. Rachel Carson, no fim dos anos 50 foi uma precursora ao denunciar os efeitos do dicloro-difenil-tricloroetano — DDT na sociedade norte-americana (Carson, 2002). Sua

trajetória de luta em favor da causa a coloca entre expoentes ao trato da questão ambiental como Capra (1996), Lutzemberg apud (Lima; Freitas, 2005), e atualmente pela dimensão do seu acesso Gore (2006).

Grandes acidentes ambientais contribuíram de forma avessa para a evolução do pensamento ambiental. Acidentes como os de Minamata, Bhopal, Exxon Valdez, Chernobyl, Plataforma P-36, marcaram através das suas lições a sociedade os caminhos da mudança (Lima; Freitas, 2005).

Neste contexto, as nações com a robustez dos seus mecanismos assumiram a iniciativa da discussão da questão ambiental. Grandes eventos com alcance global contribuíram para a articulação da sociedade.

O Clube de Roma, um grupo de países desenvolvidos propôs em 1972 um novo cenário quanto ao trato da questão ambiental de características nitidamente elitistas — o crescimento zero da industrialização para as nações em processo de desenvolvimento, ótica reconhecidamente divisionista que não obteve respaldo na sociedade.

No mesmo ano, a Conferência de Estocolmo, realizada com a participação representativa de países em desenvolvimento, através do seu documento final, a declaração de Estocolmo, materializa ainda que de forma vaga quanto aos métodos de implementação, as bases do ecodesenvolvimento.

Apenas em 1985 dispôs-se a sociedade as bases do desenvolvimento sustentável, através do documento denominado relatório Brundtland, conceituando-se como uma forma alternativa de gerenciar a atividade humana capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações.

O ano de 1992 apresentou outro marco na evolução do pensamento ambiental — a conferência das nações unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento, que promoveu a cúpula da terra, reunião com uma representativa participação de dirigentes de 175 países, que pela primeira vez discutiram a questão ambiental com a participação dos outros atores sociais intervenientes ao processo, as empresas, e a sociedade através dos seus meios representativos. Esta reunião deixou como legado a carta da terra, resoluções que materializaram as primeiras ações concretas ao trato da questão ambiental a nível global tais como a proposta para elaboração da agenda 21, e a discussão em torno das emissões de carbono, remetidas à conferência de Kioto.

Em 1996 em Kioto a questão das emissões de carbono foi tratada de forma concreta, inclusive com a instituição de uma proposta para a sua remediação — o protocolo de Kioto, e dos seus instrumentos de implementação, os mecanismos de desenvolvimento limpo.

Apresentado o cenário atual da questão ambiental, impõe-se a sociedade organizada

através dos seus mecanismos, a responsabilidade de promover a busca da redução dos impactos ambientais, buscando mecanismos de atenuação dos seus efeitos.

Remete-se a discussão para a problemática dos recursos hídricos, foco deste instrumento dissertativo.

A água potável tende a se tornar o principal ativo da nossa sociedade no século 21. Os estimados 2% de reservas mundiais deste bem de valor rapidamente escasseiam em face da atividade humana desordenada. A atividade produtiva trabalha incessantemente como forma de suportar o crescimento populacional, fator desencadeador deste desequilíbrio (Lima; Freitas, 2005).

Impõe-se a necessidade de discutir a questão do uso dos recursos hídricos, buscando-se um modelo de gestão sustentável para o uso racional deste bem fundamental para as espécies vivas do planeta.

As fontes hídricas são abundantes, porém mal distribuídas na superfície do planeta. Em algumas áreas, as retiradas são bem maiores que a oferta, causando um desequilíbrio nos recursos hídricos disponíveis (Ambiente-Brasil, 2007).

Na indústria, faz-se uso dos recursos hídricos em quantidades desproporcionais aos benefícios gerados. Os métodos para o tratamento da água podem produzir problemas cujas soluções são difíceis, pois afetam a qualidade do meio ambiente, e a saúde pública (AmbienteBrasil, 2007).

Cabe a gestão dos recursos hídricos proporcionar o uso múltiplo das águas. A afirmação encontra respaldo na Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, artigo 1º, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, entre outros aspectos. Tendo esse enunciado como um dos seus fundamentos, a gestão dos recursos hídricos tem se utilizado da implantação de reservatórios como uma importante ferramenta para o atendimento dos usos múltiplos das águas (ANA, 2007). A Política Nacional de Recursos Hídricos,

cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com os seguintes objetivos institucionais:

- I. assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II. a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas a busca ao desenvolvimento sustentável;
- III. a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (MMA, 2007).

Conforme o disposto no parágrafo anterior, a busca da conformidade ambiental revela-se um objetivo global a ser perseguido. Desta forma, foca-se a discussão desta tese como disposta a seguir.

A carcinicultura impõe-se no mercado nacional como uma importante atividade produtiva, capaz da geração de receita de exportação da ordem de 240 milhões de dólares em 2003 (ABCC, 2007). No Nordeste do Brasil, esta atividade produtiva tem como principal cenário produtivo as bacias fluvio-estuarinas, ecossistema frágil, vulnerável aos principais impactos ambientais desta atividade econômica.

Especial atenção deve ser atribuída a substância denominada metabis-sulfito de sódio. Durante o processo de retirada dos camarões do viveiro e posterior abate dos mesmos, é utilizado este contaminante sob a forma de uma solução salina, que após este processo é descartado no meio biótico.

A legislação ambiental vigente do Conselho Nacional de Meio Ambiente — CONAMA nº 20 — Art. 21º de 18/06/1986, determina que o teor de sulfitos de efluentes lançados se limite a 1,0 ppm, valor significativamente superior ao de 50.000 ppm declarado por Albuquerque (2005) lançados pelo segmento da carcinicultura em seu trabalho.

1.2 A hipótese

Desdobra-se o estabelecimento da hipótese na proposição de duas questões a seguir dispostas ao investigador:

- Existe um método de base físico-química simples, passível de ser empregado em fazendas de cultivo de camarões com baixo patamar tecnológico nos seus processos, e recursos escassos para a sua implementação, capaz de atenuar o passivo ambiental do aporte *in natura* do metabissulfito de sódio utilizado na carcinicultura no processo de despesca?
- É viável o estabelecimento de uma estratégia de conformidade ambiental a ser proposta a este segmento do agronegócio, baseada na metodologia denominada produção mais limpa?

1.3 Os objetivos

Declara-se a seguir os objetivos da presente tese:

Geral Propor uma estratégia de gestão ambiental a ser empregada no segmento da carcinicultura, concebida nos princípios da produção mais limpa.

Específicos

- Determinar um método para a redução da concentração de metabissulfito de sódio utilizado no processo de despesca da carcinicultura;
- Investigar as oportunidades da implementação da produção mais limpa neste segmento do agronegócio;
- Implementar um estudo de caso para a validação da metodologia em uma empresa piloto;
- Estabelecer um protocolo para a aplicação da metodologia.

Capítulo 2

Aspectos teóricos

2.1 Evolução da carcinicultura como atividade produtiva

A aquicultura surgiu na China há cerca de 5.000 anos, inicialmente como forma de estocagem de peixes. Este segmento do agronegócio consiste em uma atividade econômica de reconhecida importância que cria seres aquáticos em cativeiro para consumo humano, uma vez sabendo que os oceanos são fontes esgotáveis de recursos pesqueiros (Arruda, 2007).

O cultivo de camarões surgiu no sudeste da Ásia, onde os pescadores artesanais utilizavam viveiros, operacionalizados através dos movimentos naturais das marés, para criar larvas provenientes do mar (Arana, 1999).

No Brasil, a carcinicultura evidenciou-se como atividade econômica nos anos 70, a partir do cultivo de espécies nativas. Na década de 80, a introdução da espécie exótica *Litopenaeus Vannamei*, permitiu um maior avanço da indústria camaroneira por força da sua maior produtividade (Wainberg & Câmara, 1998).

Recentemente, esta atividade econômica vem alcançando uma significativa importância na pauta de exportações Brasileira, encontrando-se na liderança do setor pesqueiro nacional (Rocha, 2003).

Este crescimento continua vigoroso, ocorrendo em muitos aspectos, nos moldes do que já havia sucedido nos países do sudeste asiático, sem

ordenamento e regulamentação adequados, com forte incentivo governamental e geração de impactos ambientais e sociais importantes. Como de costume, pouco se atentou para o passado da atividade, e as experiências nos países asiáticos, muitas delas catastróficas, não foram suficientes para que o Brasil buscasse rumo diferente, numa política para o presente, em detrimento do futuro (MMA, 2007).

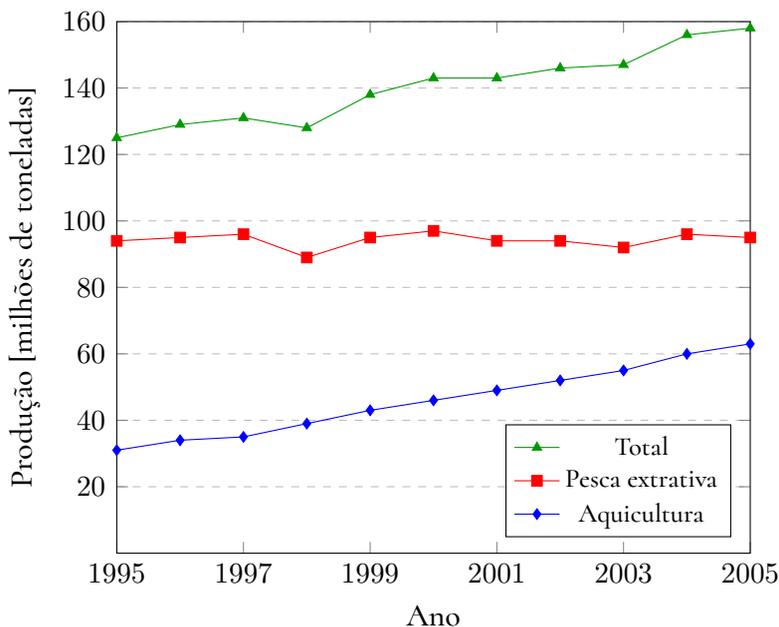
O mercado da carcinicultura

A produção aquícola brasileira desenvolveu-se de forma acentuada na última década, quando se destacou como uma nova atividade produtiva. Esse crescimento inicial se dá tanto pela existência da demanda, como também pela disponibilidade de tecnologias de produção (Moraes, 2005).

O Brasil detém características naturais que favorecem o crescimento da aquicultura e a exploração dos seus recursos pesqueiros. Aliado a essa disposição e beneficiado por sua posição geográfica, fatores de clima, água, tecnologia e grande mercado consumidor, o país tem adquirido destaque também no segmento da cultura do camarão *Litopenaeus Vannamei*, dinamizando a produção da aquicultura e via de regra, o desempenho do setor pesqueiro nacional. Não obstante o crescente desenvolvimento da atividade de produção em cativeiro do crustáceo brasileiro, o setor pesqueiro nacional demonstra uma participação menor de 1% no total da produção mundial de pescado (BRDE, 2004).

Conforme Lisboa Filho e Carlini Júnior (2004), a carcinicultura, mesmo sendo uma atividade comercial recente no Brasil, vem se consolidando como uma das mais promissoras opções econômicas da região Nordeste. A partir de infra-estrutura básica, esta atividade evolui rapidamente para uma estrutura totalmente consolidada e sustentada pela qualidade e produtividade do camarão oferecido ao mercado. Antecipando-se a queda em alguns segmentos do agronegócio nordestino, os empresários desenvolveram o *cluster* de produção de camarão de uma forma integrada a partir de investimentos em infra-estrutura de laboratórios de larvicultura, berçários e tanques de engorda além de empresas de beneficiamento concebidas dentro dos mais rígidos padrões de segurança alimentar.

Figura 2.1: Evolução da produção mundial aquícola



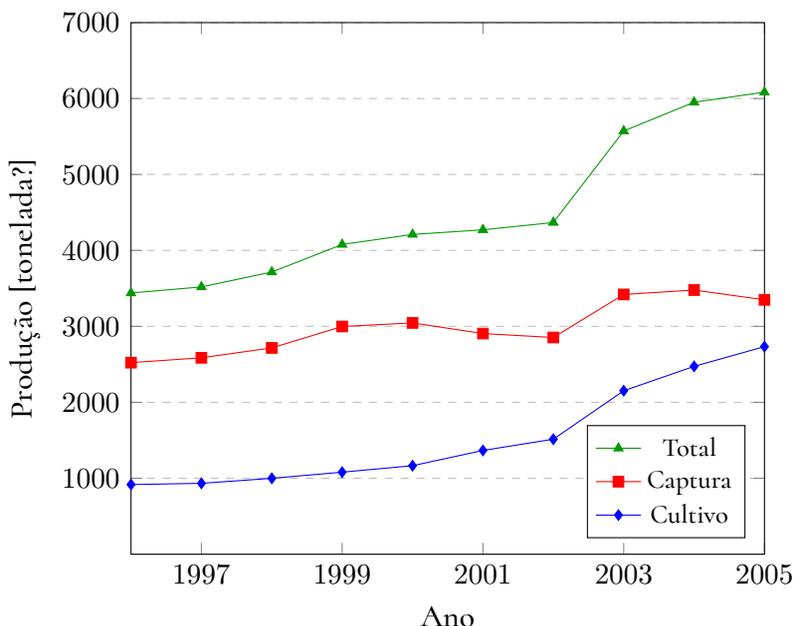
Evolução do mercado mundial

Dados disponibilizados à sociedade pela Associação Brasileira de Criadores de Camarão, doravante denominada ABCC, apontam para uma consistente evolução mundial de produção aquícola. O gráfico disponibilizado na Figura 2.1 representa uma compilação dos seus quantitativos (ABCC, 2007).

A análise da Figura 2.1 revela que a despeito da produção extrativista de pescado haver sido mantida em seus patamares inalterados no período analisado, percebe-se dobrar a participação da aquicultura neste cenário produtivo, evidenciando-se a sua evolução.

Dentre os produtores mundiais destacam-se a China, com aproximadamente um terço da produção mundial. Outros países do sudeste asiático destacam-se como Japão, Filipinas, Indonésia, e Coréia do Sul, entre outros. O Brasil ainda tem uma participação inexpressiva neste mercado, contribuindo com valor inferior a 268 mil toneladas, correspondendo a

Figura 2.2: Evolução da produção do segmento da carcinicultura Brasileira



escassos 0,4% de um mercado estimado em 63 milhões de toneladas (ABCC, 2007).

Discutindo-se especificamente a carcinicultura, a Figura 2.2 apresenta o perfil da produção mundial do segmento no período compreendido entre 1996 a 2005.

Conforme pode ser inferido a partir da análise da Figura 2.2, verifica-se que existe uma tendência de estagnação da produção de camarões pelo processo extrativo de captura. Isto se consolida pelo fato de no período analisado a produção de camarões cultivados triplicou. Entende-se que este comportamento se deve à confluência de vários fatores intervenientes, tais como restrições socioambientais, requisitos de qualidade, e ao fato de a produção cultivada representar uma atividade que exige um menor capital para implantação, e de risco menor na sua operacionalização.

No segmento da carcinicultura igualmente a China lidera o cenário produtivo mundial, tanto no que diz respeito a produção capturada quanto a cultivada, juntamente com os países do sudeste asiático. Neste segmento

o Brasil contribui para o mercado mundial de camarões cultivados com 65.000 toneladas, estimados 2,4% do total. Um fato digno de nota se refere a produtividade por hectare. Neste item o Brasil ocupa posição de destaque com expressivos 4.333 Kg/ha/ano, produtividade apenas suplantada pela Tailândia com 5.864 Kg/ha/ano (ABCC, 2007).

O mercado nacional

O cenário produtivo nacional se revela promissor. Analisando a Figura 2.2, anteriormente disposta, infere-se as seguintes considerações: o perfil da carcinicultura nacional acompanha o mundial. Verifica-se uma tendência de estagnação da pesca extrativa, com o conseqüente aumento significativo da atividade de cultivo, triplicando-se a produção no período analisado. Esta atividade se desenrola principalmente na região nordeste do Brasil, notadamente no litoral dos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, que juntos correspondem a aproximadamente 70% da produção Nacional (Rocha, 2005).

No que concerne a divisas, apresenta-se uma mudança de cenário. A partir de 2003, a receita de exportação caiu junto com o volume exportado de 61 mil toneladas, correspondente a um faturamento de 228 milhões de dólares em 2005, para 33 mil toneladas, com um resultado financeiro de 145 milhões de dólares em 2006 (ABCC, 2007). A queda nas exportações verificada no período se origina de um movimento protecionista articulado pelos produtores norte-americanos, que a título de uma acusação de *dumping* que seria praticado pelos concorrentes brasileiros, motivou o departamento de comércio dos Estados Unidos a sobretaxarem o camarão Brasileiro (Jornal do Comércio, 2005).

Redirecionada parte da comercialização para o mercado interno, o volume exportado em 2006 foi da ordem de 45 mil toneladas, correspondendo a um faturamento superior a 154 milhões de dólares, tendo como principais importadores a França, Espanha, os Estados Unidos, Japão, Holanda e Portugal (ABCC, 2007).

2.2 Descrição do processo produtivo

O tópico a seguir disposto deste instrumento dissertativo foi concebido através da compilação de discussões e entrevistas realizadas com o quadro técnico de colaboradores da organização, representando assim o perfil de atuação da iniciativa privada neste segmento do agronegócio.

A produção de camarões cultivados no nordeste do Brasil ocorre principalmente na região litorânea, notadamente nas bacias fluvio-estuarinas, o que representa um importante aspecto ambiental, conforme relatado por Lima *et al.* (2006). As fases do processo produtivo, no que concerne contextualizá-las sintonizadas com os objetivos desta tese, revelam-se a seguir descritas:

O Processo produtivo na fazenda

A Figura 2.3 a seguir disposta detalha o fluxograma produtivo deste segmento do agronegócio. Entende-se relevante contextualizar que o sistema de gerenciamento a seguir proposto obedece às restrições inerentes a investigação via estudo de caso, onde a organização foco do presente estudo preserva as seguintes peculiaridades — a empresa adquire as pós-larvas em um laboratório de cultivo, e não possui setor de beneficiamento, pois a produção é vendida no viveiro, ocorrendo o processo de despesca sob a responsabilidade do comprador.

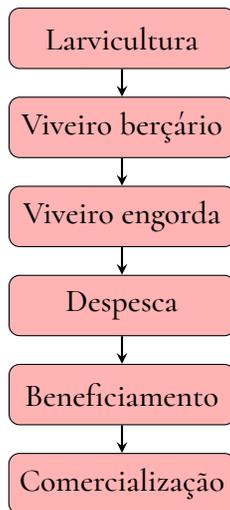
Espécie cultivada

A espécie preferencialmente cultivada na região nordeste do Brasil é a *Litopenaeus. Vannamei*. É nativa da costa do Pacífico, sendo encontrada na América do Sul, Central e Costa do México. As fazendas são comumente povoadas com larvas oriundas de laboratórios comerciais (IDEMA, 2005).

Sistema de Cultivo

Na unidade de produção objeto da presente pesquisa foi adotado o mecanismo semi-intensivo de produção, envolvendo o emprego de viveiros berçários,

Figura 2.3: Fluxograma do processo de cultivo de camarões marinhos



viveiros de engorda e de reprodutores. No viveiro berçário é realizada a primeira fase de cultivo, até o estágio de juvenil.

Após a fase de viveiro berçário, quando os camarões atingem em média 2 g, os juvenis são estocados nos viveiros de engorda. A partir daí se procede a engorda propriamente dita, até a fase de comercialização. Durante a fase de berçário estocam-se os animais numa densidade de aproximadamente 150 camarões/m². Durante o cultivo de engorda os viveiros são estocados entre 9–15 camarões/m².

O processo de engorda dos camarões estará fundamentado no programa de produção eficiente do alimento natural, especialmente no tocante ao fitoplâncton, fitobentos, zooplâncton e zoobentos, além da comunidade bacteriana, tendo-se em vista a importância que esse conjunto de alimentos representa para a nutrição dos camarões em cultivo, especialmente por se estar ciente de que, tal cadeia alimentar tem contribuição decisiva para a nutrição dos animais em cultivo, colaborando de forma marcante para a redução dos custos, mediante a redução do uso de rações complementares (Lisboa Filho; Carlini Júnior, 2004).

Viveiros de engorda e de reprodutores Os viveiros da fazenda em questão, possuem abastecimento e drenagem independentes, constituídos por vinte e quatro tanques retangulares, com as capacidades volumétricas declaradas na Tabela 2.1, na próxima página.

Tabela 2.1: Capacidade volumétrica dos viveiros em produção [m³]

Viveiro	Volume	Viveiro	Volume	Viveiro	Volume
1	4.000	9	11.800	17	12.400
2	11.700	10	12.400	18	13.500
3	12.500	11	11.200	19	13.800
4	12.600	12	11.350	20	12.700
5	12.800	13	12.500	21	11.900
6	15.300	14	13.200	22	11.300
7	11.100	15	13.900	23	10.800
8	12.300	16	14.800	24	14.300
Volume total dos viveiros em produção				92.300	

O processo tecnológico de construção baseia-se na remoção de material do fundo dos mesmos para a confecção dos diques. A configuração topográfica de seus leitos permite que os mesmos sejam drenados rápida e facilmente, possibilitando um controle mais eficaz dos parâmetros de produção, especialmente no que tange à preparação para o povoamento.

Preparação Inicialmente os viveiros são drenados totalmente, procedendo-se ao mesmo tempo, a limpeza e a vedação completa de suas comportas de adução e drenagem, expondo-se seus leitos aos raios solares, possibilitando a secagem completa da camada superficial dos seus solos, realizando-se neste intervalo de tempo, a limpeza completa do fundo e dos taludes, bem como a recomposição dos mesmos.

A exposição do solo aos raios solares e a atmosfera, possibilita a oxidação da matéria orgânica acaso existente e o arejamento da camada superficial do solo, promovendo-se a intensificação das trocas e gasosas com as camadas mais profundas.

Como atividades posteriores, efetuam-se as análises de matéria orgânica e o mapeamento do pH do solo do viveiro.

Verificando-se níveis de matéria orgânica superiores a 5%, associa-se a características ácidas, bem como ao estado de redução dos solos, implicando-se na necessidade de correções como forma de reduzir os efeitos danosos ao desenvolvimento dos camarões em cultivo (Coelho Júnior; Schaeffer-Novelli, 2003).

Como forma de prevenção a ocorrência dos problemas acima relatados, adota-se como prática sistemática, o revolvimento da camada superficial do solo por meio de gradagem manual ou mecânica e a incorporação de calcário dolomítico na proporção de 500 a 2.500 kg/hectare, ao final de cada cultivo, possibilitando-se desse modo, além da elevação do pH, a mineralização da matéria orgânica existente na camada ligeiramente inferior do solo. Como regra geral, se obedece aos seguintes critérios para correção do pH do solo, explicitado na Tabela 2.2, a seguir disposta.

Tabela 2.2: Fatores de correção de pH do solo

Valores de pH	Quantidade de calcário dolomítico [kg/ha]
> 7,0	500
6,0–6,9	1000
5,5–5,9	1500
5,0–5,4	2000
< 5,0	2500

A seguir tratam-se as áreas alagadas porventura existentes, impossibilitadas de drenagem e secagem total, com adição de cal virgem (500 kg/ha), promovendo-se em seguida, o revolvimento do solo por gradagem manual ou mecânica. Adota-se este procedimento com a finalidade de promover a rápida elevação do pH do solo, além de atuar como mecanismo de erradicação dos organismos competidores, predadores e patógenos, potencialmente danosos aos camarões em cultivo (Perazzolo, 1994).

Abastecimento e Povoamento Concluída a operação de esterilização, promove-se o abastecimento dos viveiros para posterior fertilização. Para

tal, utilizam-se o nitrato de cálcio e superfosfato triplo. A fertilização tem com objetivo o incremento dos níveis de nutrientes, estimulando-se a proliferação em massa do fitoplâncton, que por sua vez, proporcionará a reprodução em larga escala da microflora e microfauna, principais ingredientes da dieta alimentar dos camarões na fase juvenil. Estes micro-organismos são particularmente importantes na estabilização das condições hidrobiológicas dos viveiros, produzindo oxigênio, absorvendo gás carbônico e os resíduos nitrogenados, além de contribuir para a redução da luminosidade no substrato, minimizando a proliferação de algas bentônicas e inibindo potencialmente a produção de bactérias patogênicas. A eficácia das fertilizações, visualmente detectada pela mudança de coloração da água dos viveiros, é ratificada pelas análises hidrobiológicas rotineiramente realizadas, compreendendo-se as medições de temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, as avaliações de transparência, além das determinações periódicas quali-quantitativas do fito e zooplâncton (Iles, 2007).

Logrando-se a estabilização dos parâmetros físico-químicos e obtendo-se a disponibilidade adequada de alimentos naturais, estimada em cerca de 80 a 100.000 cel/ml de fitoplâncton, o viveiro estará apto para ser estocado. Realizam-se os povoamentos e transferências sempre às primeiras horas da manhã, procedendo-se à liberação dos juvenis, prévia e adequadamente adaptados às novas condições ambientais (Tavares, 1995).

Parâmetros de trabalho No decorrer do cultivo, são analisados diariamente os índices referentes a pH, transparência, salinidade, oxigênio dissolvido, além de análises periódicas da quantidade de alimento natural disponível e de indicadores como: amônia, nitrito, nitrato, alcalinidade, fosfato e silicato.

A turbidez na água do viveiro é monitorada, através da utilização de um disco de Secchi, medindo 20 cm de diâmetro, com face pintada alternadamente nas cores branca e preta o qual é afixado em uma vara graduada ou em cordão de nylon com escala graduada em centímetros. Para medir a turbidez, introduz-se o disco gradativamente na água, até que o mesmo desapareça, e em seguida recolhe-se o disco até que o mesmo reapareça e mede-se a profundidade na régua graduada. Considera-se como visibilidade ótima, profundidades entre 30 e 40 cm, considerando-se

que a transparência é afetada por dois tipos de turbidez, sendo a primeira resultante do *bloom* de fitoplâncton e outros alimentos naturais, e a segunda causada pela suspensão de partículas sólidas. As fertilizações são efetuadas como precaução para proporcionar o *bloom* de fitoplâncton (Tavares, 1995).

Quando a visibilidade do disco Secchi for menor que 40 cm, as fertilizações são realizadas com menos frequência e em doses menores. Abaixo de 30 cm as fertilizações são mais criteriosas, e procede-se a uma maior aeração da água. Com 50 cm de visibilidade, é promovida uma maior recirculação de água do viveiro, procedem-se novas fertilizações e completa-se o nível até atingir a lâmina desejada.

Em relação ao pH, seu nível tem influência direta sobre o cultivo de animais aquáticos, revestindo-se de fator de grande importância. Valores menores que 4 e maiores que 11 indicam pontos letais. Na prática, para águas estuarinas, o pH em torno de 8,0 a 9,0 é considerado adequado. O fitoplâncton utiliza CO₂ (dióxido de carbono) no processo de fotossíntese, o que leva a alteração nos valores de pH no decorrer do dia (Valença; Mendes, 2004).

As taxas de oxigênio dissolvido requeridas pelos animais aquáticos são bastante variáveis e dependem das espécies, tamanho, alimento consumido, atividade, temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido, etc. De um modo geral, trabalha-se a concentração o mais próximo possível de 5,0 mg/litro. Abaixo deste limite, pode haver um decréscimo no crescimento e abaixo de 1,0 mg/litro, aproxima-se a fase letal.

Os camarões são bastante tolerantes às baixas concentrações de oxigênio dissolvido, inclusive, juvenis da espécie cultivada podem sobreviver até 16 dias quando expostos continuamente a 1,17 mg/litro de oxigênio dissolvido, contudo são valores extremos e não praticados neste segmento do agronegócio. Durante os cultivos determina-se o limite mínimo de 3,0 mg/litro para as primeiras horas da manhã, pois baixas concentrações de oxigênio dissolvido causam estresse aos camarões, afetando o seu processo de osmorregulação e conseqüentemente, de alimentação e crescimento, razão pela qual, todos os viveiros recebem aeração artificial mediante o uso de aeradores de palhetas (Meireles, 2007).

A alcalinidade é outro importante parâmetro que é observado no cultivo de camarões marinhos. É definida como a concentração total de bases

solúveis na água. Os valores da alcalinidade devem-se situar entre 70 e 150 mg/l de CaCO₃, quando a alcalinidade está abaixo de 50 mg/l, aplica-se calcário dolomítico. Caso seja necessário, no decorrer do cultivo, para correções, podem ser empregados até 100 a 200 kg/ha/aplicação.

De um modo geral, trabalha-se para adequar a água do cultivo aos parâmetros da Tabela 2.3, na página seguinte.

Tabela 2.3: Parâmetros de processo

Parâmetros	Variação
Temperatura	28–32 °C
Salinidade	0,5–45 ppt
Transparência	30–45 cm
Cor	Preferencialmente marrom
Profundidade	1,0–2,0 m
Oxigênio dissolvido	> 3 ppm
pH	8–9
Alcalinidade	70–150 mg/l
Dióxido de carbono	< 20 mg/l
Amônia total	< 1,0 mg/l
Nitrito	< 0,1 mg/l
Gás sulfídrico	< 0,001 mg/l

Sistema de Arraçoamento Desde larvas até atingirem o peso médio de 2 g, os camarões são alimentados com cilindros compactados de concentrado alimentar denominado *pellet* com diâmetro de 1 mm. De 2 g até atingirem o tamanho comercial ou reprodutivo são alimentados com peletes de 2–4 mm. A fazenda utiliza uma marca comercial de ração.

Nos viveiros de engorda, os camarões são mantidos em cultivo e alimentados com ração comercial, contendo 35% de proteína, ofertada duas vezes ao dia. A taxa de arraçoamento inicial é de 6% da biomassa em cultivo, gradativamente ajustada pela evolução da biometria dos próprios camarões, de forma que esse valor se reduzirá a 1% ao final do cultivo.

No sistema de arraçoamento tradicional o ajuste da quantidade de ração a ser ofertada pelo método de voleio, efetua-se através do conhecimento da biomassa e da estimativa das taxas de sobrevivência. O arraçoamento é feito através de comedouros — bandejas fixos, distribuídos homogeneamente em todos os viveiros, na razão de 25 unidades/hectare.

Segundo Wainberg e Câmara (1998), a ração representa 40–50% dos custos de produção, além do que, sobras desses produtos podem acarretar a deposição de matéria no fundo dos viveiros, o que induz a proliferação de bactérias e fungos, redução dos níveis de oxigênio e uma série de fatores prejudiciais ao cultivo e ao meio ambiente. Objetivando-se sanar esse problema, operacionaliza-se a distribuição de ração por meio de comedouros. Considerando-se que no início do cultivo os juvenis ainda muitos pequenos não possuem a capacidade de se deslocar rapidamente para ir a busca do alimento e ainda estão se adaptando ao novo ambiente, o alimento é distribuído por voleio até cerca de 20 dias de cultivo, sendo as quantidades ajustadas como no sistema tradicional. Após este período, será utilizado o sistema de comedouros.

Os comedouros fixos são posicionados de modo equidistante formando estruturas alinhadas e paralelas aos diques. Tais bandejas são confeccionadas utilizando-se para tal de pneus usados e telas com malha de 1 mm.

A distribuição diária do alimento é feita em três horários distintos, utilizando-se pequenos barcos denominados caiaques confeccionados em fibra de vidro e movidos a remo (Valenti, 2004).

Para o primeiro arraçoamento, uma quantidade calculada em função da comunidade biológica existente, também denominada bioma, sendo distribuída igualmente em todos os comedouros, de modo que, as correções só devem ocorrer a partir do segundo arraçoamento, baseando-se na quantidade fornecida no arraçoamento anterior e na visualização das sobras acaso existentes, de acordo com a Tabela 2.4, a seguir disposta.

Biometrias Durante todo o processo de cultivo, é exercido um rigoroso controle do ecossistema empregado, tendo por objetivo maior, proporcionar aos animais em cultivo, o saudável e rápido processo de desenvolvimento, cujas avaliações serão procedidas de modo constante por meio das observações visuais e contabilizadas semanalmente através de biometrias.

Tabela 2.4: Correção da dosagem de ração nos comedouros

Sobras	Procedimento	Correção [%]	
		Redução	Adição
Muita	Retirada do residual de ração	50%	—
Média	Retirada do residual de ração	20%	—
Pouca	Retirada do residual de ração	—	—
Nenhuma	Acréscimo de ração	—	20%

As contagens são realizadas semanalmente, através da pesagem de uma amostra significativa da população dos camarões em cultivo. Para tanto, os camarões serão capturados através de pequenas telas de captura denominadas tarrafas. O material biológico utilizado para esta análise é descartado (Barnabé, 1990).

Despesca e Acondicionamento Passados cerca de 120 dias de cultivo no viveiro de engorda, quando os camarões deverão atingir um peso médio de 10 a 13 gramas, é dado início ao processo de despesca.

A colheita é feita mediante a drenagem gradual do viveiro e a posição de redes de despesca produzidas de forma que as mesmas se encaixem perfeitamente nas saídas das comportas denominadas *bag-nets*, em sua comporta de drenagem. Um dia antes da despesca, a água do viveiro é gradativamente diminuída. A despesca é iniciada com cerca de 30% do volume do viveiro, o que facilita a operação. Com o nível da água mais baixo, o monitoramento do oxigênio dissolvido e da temperatura será realizado com mais frequência. Os camarões, arrastados pelas correntes, são aprisionados nas redes, sendo coletados. Logo que capturados, ainda no viveiro, os camarões são colocados em caixas isotérmicas com capacidade de 500 litros, onde receberão choque térmico com água a 5 °C.

Após este processo, os camarões são colocados em caixas de transporte de pescado com capacidade de 15 kg, em camadas alternadas com gelo e transferidos para serem beneficiados, congelados e estocados para futura comercialização. Opcionalmente, quando a produção tem foco no mercado externo faz-se uso no processo de despesca da substância denominada

metabissulfito de sódio, cujos processos de aplicação, aspectos e impactos ambientais serão discutidos em detalhes ao longo deste instrumento dissertativo (Lima *et al.*, 2006).

Sistema de captação e elevação de água

A hidráulica da fazenda está baseada no processo de captação e descarte total de água. A água utilizada na unidade é oriunda do estuário e é elevada, em uma primeira etapa, para o canal de abastecimento. Segundo a necessidade, por diferenças de níveis, a água do canal de abastecimento é fornecida aos viveiros. Após a descarga da água dos viveiros para os canais de drenagem, e a seguir é despejada sem tratamento no estuário por gravidade.

Controle e tratamento de efluentes e sedimento

As águas estuarinas geralmente possuem uma grande quantidade de sólidos em suspensão, que são representados por partículas de solos e de matéria orgânica. As águas dos rios, ao contrário, especialmente no período da estação seca, são muito mais pobres em material e partículas em suspensão. Essas partículas se originam da erosão e do processo de lixiviação dos rios, agravados por desmatamentos e práticas inadequadas na agropecuária (Jegatheesan *et al.*, 2007).

Após a adução da água por bombeamento para o canal de abastecimento, a turbulência diminui e grande parte dos sólidos em suspensão se decanta. Já nos viveiros, embora com uma menor carga de sedimentos em suspensão, a água passa a receber uma carga de matéria orgânica que aumenta com a duração dos cultivos, resultante do emprego de alimentos artificiais e das fertilizações, de modo que, ao final dos ciclos de cultivo, o sedimento geralmente possui uma maior quantidade de matéria orgânica, cuja mineralização por bactérias, associada à respiração dos demais seres vivos, requerem uma determinada oferta de oxigênio, proporcional à matéria orgânica e a biomassa.

A transformação da matéria orgânica está associada à proliferação de micro-organismos que a utilizam para sua alimentação. Por esse motivo,

é de fundamental importância o controle da quantidade de ração que é ofertada, no sentido de que não ocorram sobras excessivas. Os fatores que afetam a taxa de decomposição da matéria orgânica são a temperatura, o pH, e a própria natureza da matéria orgânica. O controle do sedimento e a mineralização da matéria orgânica dos viveiros envolve o revolvimento do solo, a correção de pH, a exposição dos viveiros aos raios solares, e a oxidação ao ar a cada final de ciclo produtivo (Lima *et al.*, 2006).

Monitoramento Ambiental

O sistema produtivo em questão adota um plano de monitoramento ambiental (PMA) no qual se faz um acompanhamento sistemático de parâmetros físico-químicos e biológicos no ambiente natural de entorno da fazenda, como também na área de produção, incluindo canais de abastecimento e drenagem, e nos viveiros de engorda do empreendimento.

Elaboração do plano de amostragem

O plano de Monitoramento Ambiental executado pela fazenda está em conformidade com a Resolução nº 312 — CONAMA, onde buscam-se valores qualitativos e quantitativos, que demonstram faixas aceitáveis, isto é, parâmetros mínimos aceitáveis das características físicas, químicas e biológicas da água, projetadas para prevenir impactos ambientais adversos (CONAMA, 2005).

Padrões de qualidade de água

Os teores máximos de impurezas permitidos na água são estabelecidos em função dos seus usos. Esses teores constituem padrões de qualidade, os quais são fixados por entidades públicas, com o objetivo de garantir que a água a ser utilizada para um determinado fim não contenha impurezas que venham a prejudicá-lo. Os padrões de qualidade de água variam para cada tipo de uso.

No Brasil, a classificação das águas foi definida pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Esta resolução estabeleceu 9 classes, sendo 5 de águas doces, 2 de águas salobras, e 2 de águas salinas (CONAMA, 2005).

Para a atividade de carcinicultura, segundo esta resolução, a água utilizada para o desenvolvimento da atividade enquadra-se como salobra de classe 7, classe também definida pela resolução conforme o seu uso: Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Na página seguinte, a Tabela 2.5 descreve os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA como limites:

Tabela 2.5: Parâmetros de qualidade de água para a carcinicultura

Parâmetro	Viveiro	Efluente
DBO	5 dias a 20°C, até 5 mg/l de O ₂	Ne
OD	Não inferior a 5 mg/l de O ₂	Ne
pH	6,5 a 8,5	5,0 a 9,0
Óleos e graxas	Virtualmente ausentes	20 mg/l
Materiais flutuantes	Virtualmente ausentes	1,0 ml/l/h
Substâncias que produzem cor, odor, turbidez	Virtualmente ausentes	Ne
Coliformes totais	Até 5.000 em 100 ml, em 80% das amostras	Ne
Amônia não ionizada	0,4 mg/l de NH ₃	5,0 mg/l de N
Nitrito	Ne	Ne
Nitrato	Ne	Ne
Sulfeto	0,002 mg/l de S	1,0 mg/l de S

Monitoramento dos parâmetros físico-químicos

Para a fazenda objeto de investigação do presente projeto de pesquisa dispôs-se, em função de sua área útil e características, 3 estações de coleta de água, sendo as amostras recolhidas e enviadas a laboratórios credenciados em cada cultivo, nos seguintes momentos: na captação (momento de enchimento do canal de abastecimento, que posteriormente enche os tanques), e no momento da despesca, caracterizando assim a qualidade da água captada e daquela que é enviada ao corpo receptor. Também recolhem-se amostras quinzenais de cada um dos viveiros, para a realização do processo de monitoração, disposição de planilhas para a arquivagem das mesmas e posterior disponibilização ao órgão de controle ambiental estadual.

Conforme solicita a Resolução CONAMA nº 312 enviam-se ao órgão licenciador relatórios anuais com todos os dados, analisados e interpretados, onde constarão se ocorreram alterações ambientais decorrentes do empreendimento e comparações feitas com as análises anteriores (CONAMA, 2005).

Os pontos de coleta das amostras para análise foram alocados, por sistema de GPS, em coordenadas geográficas, segundo a resolução de que trata este Plano de Monitoramento.

2.3 O meio ambiente como fator de competitividade e responsabilidade social

O novo cenário de negócios

As empresas no contexto que sucedeu a segunda guerra mundial, particularmente nos Estados Unidos, usufruíram um período de grande crescimento e euforia. O mercado era francamente comprador, fortalecendo a posição das empresas que possuíam capacidade instalada robusta (Davis, 2000).

No fim dos anos 50, a recuperação industrial de nações com forte tradição industrial como Alemanha e Inglaterra, bem como o surgimento do Japão como potência industrial, alterou esta conjuntura, tornando a competitividade um tema corrente no meio corporativo.

Na esfera acadêmica, ressalta-se o trabalho de Wickham Skinner, professor da Harvard Business School, que escreveu um artigo mostrando que o setor produtivo tem um papel fundamental na estratégia competitiva das organizações. Citou ainda que as empresas para tornarem-se e manterem-se competitivas deveriam formular uma estratégia focada no cumprimento das ditas prioridades competitivas — custo, qualidade, rapidez, e flexibilidade (Skinner, 1969).

A celeridade de movimento deste cenário evoluiu hoje para uma concorrência globalizada que agregou mais duas dimensões a estas prioridades competitivas — a flexibilidade e o serviço (Slack, 2002).

Atualmente, o contexto global é composto de empresas capazes de usar de forma intensiva os recursos da tecnologia da informação, como forma de buscar a excelência nos seus processos e serviços. O mercado defronta-se assim com organizações sedentas de novos fatores de diferenciação.

Buscam-se as afirmações de Davis (2000) no sentido de colocar a questão ambiental, juntamente com ações de responsabilidade social corporativa emergentes como as novas vantagens competitivas a serem exploradas pelas empresas. Assumir estas questões como prioritárias associa a imagem da empresa ao bem estar social, além de criar uma impressão favorável da mesma junto a sociedade.

Vislumbra-se assim uma empresa que passa a tratar a questão ambiental como uma oportunidade, deixando-se para o passado a fase de “comando e controle”, onde a conformidade ambiental representava apenas custo, e só era tratada como forma de adequação à legislação vigente.

A empresa como instituição sociopolítica

Neste tópico discute-se a visão tradicional de negócios, onde a organização tinha um compromisso apenas com a maximização dos seus lucros. Interações sociais não se estimulavam e consideravam-se até pouco relevantes ou um desvio do foco organizacional. Setores conservadores do meio empresarial justificavam a sua postura inercial com o enfoque de que “o que é bom para as empresas é bom para a sociedade de forma geral” (Donaire, 1995).

No século passado o movimento ambiental progrediu de forma modesta e acima de tudo de forma politicamente pragmática, notadamente nos Estados Unidos da América. Promoviam-se melhorias de forma que não conflitassem com o esforço de produção, respaldadas pelos setores jurídicos das empresas (Cohen, 2005).

Para a continuação deste processo impõem-se mudanças no contexto das organizações, notadamente ao que tange a forma que a mesma interage com o meio ambiente e a sociedade (Barbieri, 2006). A tecnologia de informação com os seus instrumentos instiga a sociedade para que esta de forma responsável e proativa exerça a cidadania, fiscalizando e questionando ações que possam representar eventuais danos ao seu entorno. Saliente-se ainda o papel das promotorias estaduais do meio ambiente, traduzindo ações populares em legítimos instrumentos de questionamento na busca pela conformidade ambiental.

A mídia e organizações não-governamentais completam o elenco de atores sociais, capazes de discutir e difundir de forma articulada aspectos da questão ambiental e suas interações com as organizações.

Sobre responsabilidade social

Entende-se que a natureza de uma postura de responsabilidade social pelas organizações remete a um conceito de que a empresa deve uma justa reciprocidade à sociedade, em face da liberdade que a sociedade concede à empresa para existir (Sarmiento; Durão; Duarte, 2006).

As organizações produtivas têm responsabilidade que transcendem a auferição de lucros, conformidade aos dispositivos legais e econômicos. As empresas também têm responsabilidades éticas que incluem a adequação a padrões e normas impostos pela sociedade (Carroll, 2000).

A partir desta premissa, traduz-se uma forma de interação entre empresa e sociedade, onde a efetiva contribuição busca a melhoria de aspectos econômicos, de saúde pública, e educacionais de uma coletividade.

A Evolução para a conscientização social

Distanciando-se da tradicional postura de comando e controle as organizações integram-se em uma nova fase de percepção e consciência no trato da questão ambiental — a conscientização social.

Donaire (1995) refere-se a esta atitude como uma forma da empresa responder às expectativas e pressões da sociedade, na forma de busca de procedimentos, mecanismos, arranjos e padrões comportamentais capazes de responder aos anseios da sociedade.

A variável ambiental no contexto dos negócios

A discussão remete-se a uma empresa que evoluiu até a fase da responsabilidade/consciência social no trato da questão ambiental. Mas como traduzir esta postura em ações? Donaire (1995) sugere um caminho:

- Prioritariamente, recuperar as áreas degradadas;
- Focar a organização na prevenção às futuras degradações ao meio ambiente;
- Promover a utilização positiva do meio ambiente no processo de desenvolvimento.

Assim, torna-se relevante estabelecer mecanismos de incentivo para que as empresas privadas se envolvam no trato da questão ambiental, distanciando-se da postura reativa de comando e controle, para a de uma organização consciente e proativa no trato desta questão. Estes mecanismos se traduzem no estabelecimento de políticas públicas voltadas ao incentivo a ações desta natureza, tais como redução de alíquotas de importação de equipamentos focados na melhoria de eficiência produtiva e melhor controle dos resíduos gerados (Gray, 2006).

Muitos governos têm implementado metodologias para encorajar empresas a se tornarem mais transparentes, no que diz respeito a sua performance ambiental, sob a forma de relatórios corporativos de desempenho. Destaca-se o Balanço Social, como uma tentativa da divulgação por parte das organizações das ações realizadas na busca pela reciprocidade social.

Países como Austrália, Japão e Reino Unido são exemplos destas práticas (Moffat; Auer, 2005).

No âmbito das ações globais cabe destaque a iniciativa do estabelecimento do mecanismo de desenvolvimento limpo validado pela entrada em vigor do protocolo de Kioto (FAPESP, 2006), além de metodologias alternativas ao trato da questão ambiental tais como a análise do ciclo de vida, a logística reversa e a produção mais limpa.

A metodologia de implantação de corredores ecológicos traduz-se em um valioso instrumento na busca da conservação da biodiversidade, e ação de inequívoca simbologia sintonizada nos ditames da responsabilidade social (CEBDS, 2005).

Saliente-se ainda uma salutar iniciativa por parte de instituições de fomento financeiro do estabelecimento de fundos ecológicos. A idéia parte do princípio de motivar investidores conscientes, engajados à causa ambiental a adquirirem preferencialmente papéis de empresas rentáveis, integradas a uma postura proativa quanto à consciência ambiental.

Ao mesmo tempo, não pode ser esquecido um fato que contribuiu sobremaneira para a conformidade ambiental das empresas. As instituições de fomento estabeleceram como um dos critérios para a liberação de eventuais pleitos, o licenciamento ambiental nos seus diversos níveis. Saliente-se ainda que este mecanismo transcende de uma mera postura de consciência ambiental por parte destas instituições. O fato de uma instituição de fomento contribuir para a implantação de uma organização que eventualmente se torne responsável por um passivo ambiental, a torna responsável solidária pelo mesmo, sob o ponto de vista legal.

A discussão na empresa

O cenário proposto demonstra a importância do trato da questão ambiental, na qualidade de cidadãos conscientes dos conceitos e mecanismos da sustentabilidade. Mas, e a empresa, como se posiciona em relação à questão ambiental? O que se deve esperar dela?

É do conhecimento de todos que o movimento de formação de grandes blocos comerciais, e seus mecanismos de eliminação de barreiras comerciais entre países, provocou um choque de competitividade entre nações. A

imposição da conformidade ambiental como um instrumento qualificador para o acesso a determinados blocos, transformou a adoção dos mecanismos de conformidade ambiental em um instrumento de competitividade empresarial.

Porém, como contribuir para que mais empresas adiram a este círculo virtuoso? Elkington e Burke (1989) sugerem um caminho, a partir da adoção dos seus dez passos da excelência ambiental, a seguir dispostos:

1. Desenvolva e publique uma política ambiental;
2. Estabeleça metas e continue a avaliar os ganhos;
3. Defina claramente as responsabilidades ambientais de cada uma das áreas e do pessoal administrativo;
4. Divulgue interna e externamente a política, os objetivos e metas e as responsabilidades;
5. Obtenha recursos adequados;
6. Eduque e treine o seu pessoal, informe os consumidores e a comunidade;
7. Acompanhe a situação ambiental da empresa, faça auditorias e relatórios;
8. Acompanhe a evolução da discussão sobre a questão ambiental;
9. Contribua para os programas ambientais da comunidade e invista em pesquisa e desenvolvimento aplicada à área ambiental;
10. Ajude a conciliar os diferentes interesses existentes entre todos os envolvidos: empresa, consumidores, comunidade, acionistas (Elkington & Burke, 1989).

Assim como citado por Donaire (1995), deve-se utilizar os pressupostos acima, dispostos como forma de transformar ameaças em oportunidades de negócios. Entende-se como forma de materialização a adoção de práticas ambientalmente corretas, tais como a reciclagem de materiais, a instituição

de bolsas de resíduos e o desenvolvimento de novos produtos e processos produtivos, entre outras.

Como traduzir todas estas questões para o ambiente empresarial? A adoção dos dez passos de Elkington e Burke (1989) não se manifesta em uma receita milagrosa de conformidade ambiental. O trato destas questões no meio empresarial exige uma materialização de fatos, aspectos, impactos e interferências. Neste sentido North (1992), disponibilizou uma metodologia de avaliação do perfil da organização relativo ao trato da questão ambiental. Modelos investigativos podem ser propostos aos sistemas produtivos como forma da busca do entendimento da percepção da variável ambiental na empresa.

Ainda citando North (1992), o autor consolida um número considerável de razões para a empresa investir na causa ambiental, como se verifica a seguir:

Quanto aos Benefícios econômicos

1. Economia de custos: Economias devido a redução do consumo de água, energia e outros insumos; economias devido à reciclagem, venda e aproveitamento de resíduos e diminuição do volume de efluentes; redução de multas e penalidades por poluição;
2. Incremento de receitas: Aumento da contribuição marginal de “produtos verdes” que podem ser vendidos a preços mais altos; aumento da participação no mercado devido a inovação dos produtos e menos concorrência; linhas de produtos para novos mercados; aumento da demanda para produtos que contribuam para a diminuição da poluição.

Quanto aos benefícios estratégicos

1. Melhoria da imagem institucional;
2. Renovação do *portfólio* de produtos;
3. Aumento da produtividade;

4. Alto comprometimento do pessoal;
5. Melhoria nas relações de trabalho;
6. Melhoria e criatividade para novos desafios;
7. Melhoria nas relações com os órgãos governamentais, comunidade e grupos ambientalistas;
8. Acesso assegurado ao mercado externo;
9. Melhor adequação aos padrões ambientais.

A repercussão na empresa

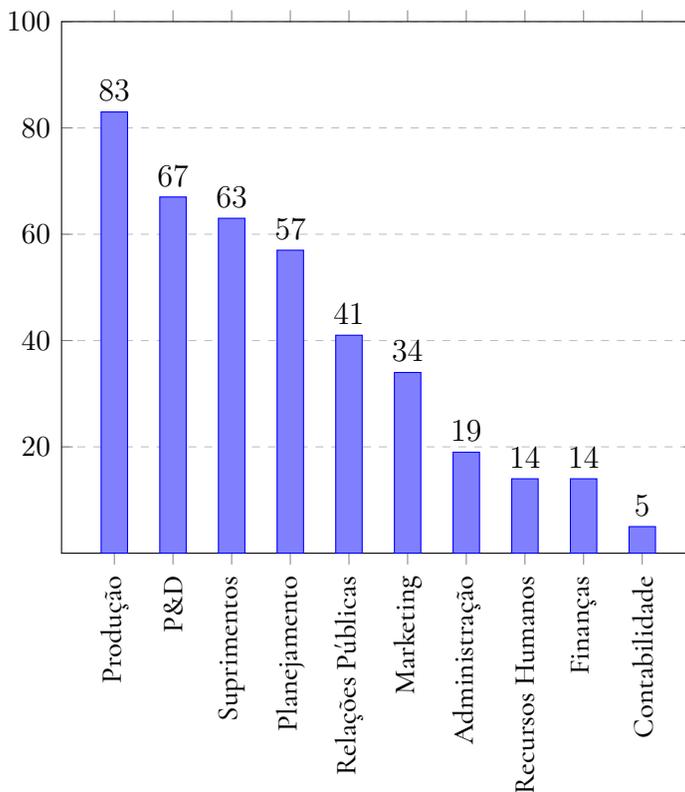
Entende-se que o impacto da questão ambiental no contexto da organização é diretamente proporcional ao seu potencial de gerar poluição. Sua influência no interior da organização se estende às diversas áreas funcionais, como pode ser visto na Figura 2.4, acima, que apresenta resultados colhidos na Alemanha através de pesquisa articulada pelo seu Ministério Federal do Meio Ambiente.

Pode-se inferir pela análise da figura acima disposta que o impacto da questão ambiental na empresa é diretamente proporcional à proximidade com o processo de transformação. Setores de apoio a esta atividade tais como pesquisa e desenvolvimento, suprimentos e planejamento são afetados diretamente pelo posicionamento estratégico da organização em face desta questão.

Os instrumentos de certificação ambiental

Discorre-se a seguir sobre os selos ambientais. A instituição destes instrumentos faz parte de uma estratégia maior, o marketing verde. Efetiva-se a adoção destes, no estabelecimento de estratégias para associar a empresa a uma imagem de boas práticas ambientais. Isto corresponde a uma declaração pública de compromisso à conformidade ambiental, a qual pode ser estabelecida de forma voluntária, ou através de uma certificação por uma entidade idônea que tem associada a sua atuação à causa ambiental.

Figura 2.4: Impacto da questão ambiental na organização



A primeira iniciativa no estabelecimento do selo de conformidade ambiental se deu na Alemanha ocidental em 1978, com a instituição do selo *Blue Angel*. Esta ação foi seguida por diversos países como o Japão, Canadá, além da União Européia, até se tornar uma prática consistente de conformidade.

Entende-se relevante não concluir este tópico, sem citar o conjunto de Normas ISO da série 14.000 (NBR ISO 14000, 1996). Este instrumento de larga difusão de garantia da qualidade ambiental de uma empresa em seus processos/serviços foi adotado inicialmente pelo mercado comum europeu como um instrumento com fortes características qualificadoras. Com o passar do tempo, a metodologia se difundiu com base na solidez de seus

princípios, credibilidade da organização de suporte, e consistente metodologia de implementação, tornando-se uma referência entre os instrumentos de certificação da qualidade ambiental de uma organização.

Capítulo 3

Estado da arte

O objetivo deste capítulo é o de discutir a base teórica referente aos impactos ambientais inerentes ao processo produtivo da carcinicultura, focando-se especificamente na problemática do metabissulfito de sódio, e investigar os mecanismos de mitigação baseados na metodologia denominada produção mais limpa, como forma de propor uma estratégia de gestão ambiental para este segmento do agronegócio.

3.1 Aspectos e impactos ambientais no segmento da carcinicultura

Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 01 de 23/01/86, impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, diretamente, afetem: (I) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; (II) as atividades sociais e econômicas; (III) a biota; (IV) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; (V) a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Promove-se a distinção de conceitos referentes a aspectos e impactos ambientais em atividades. Para tal, busca-se as definições no contexto da Norma NBR ISO 14004:

- Aspecto ambiental é o elemento das atividades, produtos e serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente.
- Impacto Ambiental é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização. (NBR ISO 14001, 1996).

Avaliação de Impactos Ambientais

Relatos de Dias (2001) afirmam que os fundamentos do processo de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) foram estabelecidos nos Estados Unidos em 1969, quando o Congresso aprovou a “National Environmental Policy of Act”, mais conhecida pela sigla NEPA, sancionada no ano seguinte. A NEPA é considerada o principal marco da conscientização ambiental (Magrini, 1989), sendo uma resposta às pressões crescentes da sociedade organizada para que os aspectos ambientais passassem a ser considerados na tomada de decisão sobre a implantação de projetos capazes de causar significativa degradação ambiental (Dias, 2001).

Este instrumento legal dispunha sobre os objetivos e princípios da política ambiental americana, exigindo, para todos os empreendimentos com potencial impactante, a observação dos seguintes pontos: identificação dos impactos ambientais, dos efeitos ambientais negativos da proposta, das alternativas da ação, da relação entre a utilização dos recursos ambientais em curto prazo e a manutenção ou mesmo melhoria do seu padrão a longo prazo e a definição clara quanto a possíveis comprometimentos dos recursos ambientais, para o caso de implantação da proposta (Moreira, 1985).

Num primeiro momento, a Avaliação de Impactos Ambientais passou a ser exigida apenas para as ações de responsabilidade do governo federal americano, porém, alcançou não apenas os projetos governamentais, mas todas as suas decisões, programas, licenças, autorizações e empréstimos. A elaboração dos estudos ambientais era atribuição do governo americano, por intermédio de suas agências, e foi posteriormente regulamentada pelo United States Council on Environmental Quality (CEQ), criado pela mesma lei para assessorar o presidente em assuntos relativos ao meio ambiente (Dias, 2001).

A aplicação da Avaliação de Impactos Ambientais generalizou-se rapidamente nos Estados Unidos, tendo em vista a força da NEPA e das legislações estaduais afins, assim como em outros países desenvolvidos e, pouco mais tarde, junto aos países em desenvolvimento (Queiroz, 1990).

De acordo com Dias (2001), os problemas ambientais associados ao desenvolvimento econômico não eram privativos dos Estados Unidos, e a concepção da Avaliação de Impactos Ambientais, formalizada no NEPA e nos documentos do CEQ, difundiu-se mundialmente, sofrendo adaptações em diferentes níveis para ajustar-se ao sistema de governo de cada jurisdição — país, região, governo local — em que foi introduzida.

Relativo ao fato, Moreira (1985) explica que as peculiaridades jurídicas e institucionais de cada país vêm determinando o momento, a forma e a abrangência de sua adoção.

Andreazzi & Milward de Andrade (1990) observam que, a partir da Conferência das Nações Unidas de Estocolmo, realizada em junho de 1972, os problemas ambientais passaram a ser encarados com maior atenção, principalmente em virtude da exigência de Avaliações de Impactos Ambientais para a concessão de empréstimos internacionais.

Mesmo em locais onde a Avaliação de Impactos Ambientais não está prevista na legislação, este instrumento tem sido aplicado por força das exigências de organismos internacionais (Dias, 2001). Atualmente, fazem uso da Avaliação de Impactos Ambientais, todos os principais organismos de cooperação internacional, como os órgãos setoriais da Organização das Nações Unidas (ONU), o Banco Mundial (BIRD), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), entre outros (Moreira, 1985).

Segundo Andreazzi & Milward de Andrade (1990), no Brasil, os Estudos de Impactos Ambientais passaram a ser elaborados a partir da década de 70, por causa das exigências do Banco Mundial, principalmente em projetos de construções de usinas hidrelétricas.

A Avaliação de Impactos Ambientais é conceituada, conforme Moreira (1985), como: “um instrumento de política ambiental formado por um conjunto de procedimentos capazes de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta — projeto, programa, plano ou política — e de suas alternativas, e que os resultados sejam apresentados de forma adequada ao

público e aos responsáveis pela tomada de decisão, e por eles devidamente considerados”.

Cláudio (1987) explica que a Avaliação de Impactos Ambientais tem como objetivo prevenir e minimizar as alterações que podem ocorrer na elaboração de um projeto ou determinada atividade, pois o estudo é essencialmente um instrumento de previsão. Neste sentido, Silva (1994) acrescenta que a avaliação propriamente dita dos impactos ambientais representa a prognose das condições emergentes, segundo as alternativas contempladas, sendo realizada em três etapas: identificação, previsão e interpretação da importância dos impactos ambientais relevantes.

No processo de Avaliação de Impactos Ambientais, são caracterizadas todas as atividades impactantes e os fatores ambientais que podem sofrer impactos dessas atividades, os quais podem ser agrupados nos meios físico, biótico e antrópico, variando com as características e a fase do projeto (Silva, 1994).

Os métodos de Avaliação de Impactos Ambientais são mecanismos estruturados para identificar, coletar e organizar os dados de impacto ambiental, permitindo a sua apresentação em formatos visuais que facilitem a interpretação pelas partes interessadas (Andreazzi & Milward de Andrade, 1990). Estes métodos variam com as características do projeto e as condições ambientais. Dentre os principais métodos empregados na Avaliação de Impactos Ambientais estão: *ad hoc*, *checklists*, matrizes, *overlays*, redes e modelagem (Silva, 1994).

3.2 Conformidade ambiental e carcinicultura

A carcinicultura, como qualquer outra atividade de produção, pode causar impacto ambiental, motivo pelo qual é caracterizada como atividade potencialmente poluidora no cadastro nacional de atividades poluidoras do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis — IBAMA. Há de se destacar, entretanto, que o conceito de impacto ambiental não se refere unicamente ao meio ambiente biológico.

Na verdade, o mesmo vem a ser o resultado do efeito das atividades humanas no conjunto composto pelos níveis físico, biológico e socioe-

conômico (Arana, 1999). A agressão da aquicultura ao ambiente aquático se dá, principalmente, pela descarga excessiva ou indiscriminada de matéria orgânica acumulada nos efluentes de viveiros de camarões. Esta descarga pode trazer sérios danos à própria atividade, devido às alterações das características físico-químicas da água (temperatura, oxigênio dissolvido e conteúdo de sais dissolvidos), e ao ambiente do entorno dos tanques escavados após a saída da água do cultivo. O aumento dos níveis de matéria orgânica (material fecal e restos alimentares) pode agravar alguns fenômenos como florações de microalgas e anóxia do ambiente, além de aumentar a eutrofização da água, colocando em perigo o desenvolvimento das espécies cultivadas e do restante do meio (Barnabé, 1990).

Responsável por um levantamento dos impactos ambientais causados por cerca de 80 fazendas de camarão implantadas no litoral oeste do Estado do Ceará, Meireles relata que os danos sociais e ambientais desse tipo de empreendimento não vinham sendo observados quando da aprovação de projetos de carcinicultura. Isso se agrava pelo fato de que as atividades do setor geram uma série de impactos, começando por alterar as condições bio-físico-químicas da água, afetando a qualidade do líquido nos mananciais onde são implantadas (Meireles, 2004). O autor ressalta ainda que os empreendimentos estão fragmentando o ecossistema dos manguezais com a invasão dos apicuns, áreas contíguas aos mangues, sem respeito aos 20% de reserva sobre o qual dispõe a Resolução N^o 02 do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará, que autoriza a utilização dos apicuns pelos empreendimentos. Entende-se apicuns como terrenos formados por sedimentos arenosos margeando as áreas do ecossistema manguezal. Isto contribui para a alteração do ecossistema dessas regiões como um todo, uma vez que extinguir os apicuns representa a diminuição da biodiversidade dos manguezais, já que essas áreas podem ser recobertas pelo manguezal e são responsáveis pela produção de nutrientes, regulando a salinidade e o pH da água.

Além disso, são áreas que fornecem alimentação e servem de refúgio para aves migratórias. Outro prejuízo, apontado por Meireles (2004), oriundo das fazendas de carcinicultura, diz respeito ao soterramento de gamboas, que são os canais de maré que levam a água do mar aos manguezais. Com isso as marés são desviadas, provocando mais uma alteração no sis-

tema manguezal. Outro fator observado pelo pesquisador é relativo a uma grande salinização da água dos aquíferos dessas áreas, uma vez que os empreendedores não constroem as bacias de sedimentação, que são exigidas por lei.

O impacto sócio-ambiental causado às comunidades que utilizam essas áreas como pontos de mariscagem e de pesca para sobrevivência também é ressaltado pelo autor, que por outro lado, remete ao fato de que muitas fazendas implantadas no Ceará já estão abandonadas, e que outras vem enfrentando problemas com doenças que estão causando a morte dos camarões, e conseqüentemente gerando prejuízos.

Entende-se evidente o reconhecimento do impacto ambiental desta atividade em áreas limítrofes aos manguezais. Este comprometimento se traduz na redução de uma área considerada como berçário para todo um ecossistema local. Contudo, devido aos novos instrumentos legais recentemente publicados, bem como a uma maior conscientização dos produtores, tal degradação tende a ser regulada e minimizada (IDEMA, 2005).

São impactos ambientais reconhecíveis no segmento da carcinicultura os elevados teores de nitrogênio e fósforo oriundos de rações utilizadas na alimentação, além de importantes resíduos de antibióticos utilizados como medicamentos de forma profilática no cultivo. Neste trabalho pretende-se enfatizar a discussão em torno dos resíduos de metabissulfito de sódio, seus instrumentos de mitigação e a busca de um plano de manejo para este aspecto ambiental.

Os aspectos econômicos que norteiam essa atividade são encarados com otimismo no Brasil. Todavia, do ponto de vista ambiental, certos conceitos de sustentabilidade e de conservação do meio ambiente devem ser revistos e melhor estudados, principalmente no que diz respeito ao uso dos corpos d'água, à sedimentação, a hipernutrição e a eutrofização do meio aquático (Pillay, 1992).

A carcinicultura destaca-se não só no Estado do Rio Grande do Norte, como também na maioria dos Estados do Nordeste do Brasil, e em muitos países do mundo. A preocupação com a sustentabilidade ambiental dessa atividade é evidente, sobretudo em consequência das características migratórias das empresas, cuja busca por regiões que ofereçam condições favoráveis de cultivo vem sendo constante. Pesquisadores e organizações

não governamentais fazem o alerta de que a carcinicultura pode ser extremamente prejudicial aos manguezais e a outros ecossistemas associados se for realizada de forma descontrolada e indiscriminada (Correia Filho & Canejo, 2003).

No Brasil, Coelho Júnior & Schaeffer-Novelli (2000) pesquisaram os impactos da carcinicultura nos ecossistemas costeiros, com ênfase para o manguezal. Nesse trabalho, os autores descrevem alguns tipos de impactos decorrentes da atividade. Em linhas gerais, tais impactos estão relacionados às mudanças na drenagem, desvio ou impedimento do fluxo das marés e mudanças nas características físico-químicas do substrato, entre outros que ainda não se pode mensurar com precisão. Melo Júnior (2001) estudou as implicações ambientais dos metais pesados em sedimentos de fundo do estuário do rio Curimataú/Cunhaú e apresentou a criação industrial de camarão, em praticamente toda a extensão da margem esquerda do referido rio, como um dos fatores potencialmente impactantes na área.

Impõe-se, portanto, a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que possam mensurar os impactos da atividade sobre o ambiente e sobre a população humana local, bem como pesquisas que contribuam para o desenvolvimento de métodos de manejo sustentáveis na carcinicultura, auxiliando a conservação do ambiente costeiro.

A carcinicultura marinha convencional tem enfrentado sérios problemas desde o uso de tecnologias não apropriadas de cultivo até impactos ambientais causados aos ecossistemas onde ela é realizada. Assim, diferentes instituições nacionais e estrangeiras têm pesquisado formas alternativas de cultivo de camarão marinho, com baixos impactos socioambientais (Vinatea, 1999).

Esse tipo de cultivo surge como uma alternativa de uso sustentável, capaz de desviar a pressão exercida sobre a carcinicultura continental e a pesca predatória, além de ser uma atividade economicamente viável para as comunidades de pescadores tradicionais (Vinatea, 1999).

A análise dos impactos decorrentes dessa atividade na área estuarina deve ser efetuada com base no monitoramento de alguns parâmetros hidrológicos e biológicos. As condições dos viveiros, em termos de presença de organismos incrustados nas telas foram acompanhadas visualmente e/ou por tomada de fotografias.

3.3 O Metabissulfito de sódio

O Metabissulfito de Sódio *alfa* ou *grade food*, a denominação depende do fabricante, é um agente antioxidante comercializado em sacos de Polietileno, tendo o aspecto visual de pó cristalino de coloração branca a levemente amarelada, usado para prevenir a formação da melanose (manchas negras ou “*black spot*”) em camarões. Conforme com Fazio (1990) e Nickelson (1977) *apud* Atkinson (1993) o metabissulfito de sódio é um forte agente redutor e compete com a tirosina pelo sequestro do oxigênio molecular.

Segundo Silva (1988), o metabissulfito de sódio é o conservante de maior estabilidade e que apresenta a maior quantidade de dióxido de enxofre, quando diluído em água. Laurila *et al.* (1998), afirma que os sulfitos são agentes multifuncionais e possuem capacidade controladora do desenvolvimento microbiológico nos alimentos.

Devido à sua ação antioxidante, o metabissulfito de sódio sequestra o oxigênio tanto da água quanto do alimento, gerando assim um ambiente anaeróbico, o que conseqüentemente interfere sobre os microrganismos aeróbios presentes. Todavia, os aeróbios que têm capacidade de serem anaeróbios facultativos e os anaeróbios são favorecidos com esta redução do oxigênio. Isto torna necessário o conhecimento de qual é a microbiota naturalmente presente no ambiente em que o referido alimento está envolvido. No caso das carcinoculturas, as bactérias do gênero *vibrio* predominam no ambiente de cultivo, de acordo com Perazzolo (1994).

Os agentes sulfitantes são classificados como aditivos alimentares e atuam na inibição da deterioração provocada por bactérias, fungos e leveduras em alimentos ácidos, e na inibição de reações de escurecimento enzimático e não enzimático durante o processamento e estocagem. Adicionalmente, os sulfitos são utilizados como agentes antioxidantes e redutores em várias aplicações tecnológicas (Taylor *et al.*, 1986; Leclercq *et al.*, 2000; Ribera *et al.*, 2001).

Sulfitos ou agentes sulfitantes têm uma longa história de uso como ingredientes de alimentos e incluem o dióxido de enxofre e as diversas formas de sulfitos inorgânicos que liberam o anidrido sulfuroso nas condições de uso (Taylor *et al.*, 1986; Leclercq *et al.*, 2000). Essas substâncias também

podem derivar da produção endógena de leveduras durante a fermentação de vinho e cerveja (Taylor *et al.*, 1986).

Devido às suas múltiplas funções, os sulfitos são amplamente utilizados em alimentos, bebidas e produtos farmacêuticos. No entanto, apesar da sua eficácia, inúmeros efeitos adversos à saúde humana têm sido relacionados à sua ingestão, principalmente, crises asmáticas em indivíduos asmáticos sensíveis a sulfitos (Yang & Purchase, 1985; Taylor *et al.*, 1986; Fazio & Warner, 1990; Anibarro *et al.*, 1992; Wüthrich *et al.*, 1993; Peroni & Boner, 1995; Warner *et al.*, 2000). Sérios distúrbios neurológicos também foram diagnosticados em uma pequena parcela da população com reduzida atividade da enzima sulfito oxidase, responsável pela conversão de sulfito a sulfato, este último inócuo e rapidamente excretado pelo organismo (Kisker *et al.*, 1997; Edwards *et al.*, 1999).

O uso de conservantes e outros aditivos alimentares em diferentes países é limitado por legislações específicas, estabelecidas com base na segurança de uso e necessidade tecnológica. O Brasil, assim como outros países, segue as recomendações do JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) na utilização segura dos aditivos em alimentos (Brasil, 1997).

Propriedades químicas dos sulfitos

Os termos “agente sulfitante” e “sulfito” referem-se ao dióxido de enxofre gasoso ou aos sais de sódio, potássio e cálcio de sulfito hidrogênio (bissulfito), dissulfito (metabissulfito) ou íons de sulfito. Os sulfitos utilizados como aditivos alimentares são permitidos pela legislação brasileira.

Os sulfitos são antimicrobianos seletivos com efeito inibitório sobre bactérias e leveduras (Lück & Jager, 1997). A atividade antimicrobiana dos sulfitos é dependente de sua forma química, sendo mais pronunciada em valores de pH inferior a 3, devido à maior liberação de dióxido de enxofre molecular (Taylor *et al.*, 1986; Usseglio-Tomasset, 1992).

Dióxido de enxofre molecular existe como um gás ou molécula simples, com odor e sabor sulfuroso, sendo a única forma que pode atravessar as paredes celulares de leveduras e bactérias. Comparativamente ao íon bissulfito, possui ação antimicrobiana 500 vezes mais ativa contra leveduras e 1000 vezes contra bactérias (Usseglio-Tomasset, 1992).

Os sulfitos são amplamente utilizados na indústria de vinhos devido à sua capacidade de eliminar bactérias e leveduras indesejáveis ao processo e por auxiliar a extração de pigmentos. Apresentam ainda ação antioxidante que protege da oxidação os compostos responsáveis pelo padrão sensorial dos vinhos (Burroughs, 1981; Ough, 1986).

O efeito antioxidante dos sulfitos é parcialmente responsável pela inibição do escurecimento não enzimático e enzimático (Taylor *et al.*, 1986; Lück & Jager, 1997) e se baseia, principalmente, em sua capacidade de sequestrar outros agentes oxidantes que são formados quando o oxigênio entra em contato com o alimento. Como exemplo, pode-se citar a reação do ácido ascórbico com oxigênio, que forma ácido dehidroascórbico e peróxido de hidrogênio. Este último é um agente oxidante forte que pode oxidar outros componentes do alimento, conferindo aroma indesejável.

Os agentes sulfitantes reagem rapidamente com o peróxido de hidrogênio, protegendo assim outros constituintes do alimento (Ough, 1986). Os sulfitos também podem agir como inibidores de inúmeras enzimas, incluindo polifenoloxidase, ascorbato oxidase, lipoxigenase, peroxidase e enzimas dependentes de tiamina (Taylor *et al.*, 1986; Iyengar & McEvily, 1992; Warner *et al.*, 2000). A polifenoloxidase (PFO) é encontrada em frutas e vegetais e a inibição de sua atividade é amplamente utilizada no controle da deterioração enzimática. A atividade da PFO é alta em alimentos que são particularmente sensíveis ao escurecimento oxidativo, como batatas, maçãs, cogumelos, bananas, pêssegos, sucos de frutas e vinhos.

Sulfitos podem inibir diretamente a enzima ou também interagir com os intermediários da reação de escurecimento, impedindo sua participação nas reações que levam à formação de pigmentos escuros (Taylor *et al.*, 1986; Iyengar & McEvily, 1992; Warner *et al.*, 2000). Uma prática muito comum na prevenção da formação de melanose (manchas pretas) em camarões e lagostas é a imersão desses crustáceos em uma solução contendo sulfitos. A reação de formação de melanose é catalisada pela enzima tirosinase, um tipo de PFO (Taylor *et al.*, 1986; Cintra *et al.*, 1999). Sulfitos também são amplamente utilizados como condicionadores de massa na indústria de biscoitos e massas.

Nesses produtos, os agentes sulfitantes atuam na quebra das ligações de dissulfeto na fração de glúten da massa (Ribera *et al.*, 2001). Dióxido

de enxofre também tem sido utilizado para auxiliar a extração de pectinas de várias fontes através de sua capacidade de despolimerização (Taylor *et al.*, 1986). Devido ao intenso odor que pode ser aparente em alimentos, os sulfitos são em geral empregados, como conservadores temporários, sendo adicionados primariamente aos produtos crus ou semi-prontos e removidos durante o processamento pela ação do calor ou vácuo (Lück & Jager, 1997).

Uma das principais desvantagens da utilização dos agentes sulfitantes em alimentos é a perda da atividade da vitamina B1 (tiamina). A destruição da tiamina ocorre devido a um ataque nucleofílico irreversível do íon bissulfito ao nitrogênio quaternário do anel tiazol. Além disso, os sulfitos também podem agir como catalisadores de outros nucleófilos que em sua ausência não reagiriam com a tiamina (Wedzicha, 1992).

Os compostos que contêm enxofre e que são permitidos para uso como aditivos alimentares são: dióxido de enxofre (SO_2 — anidrido sulfuroso), sulfito de sódio (Na_2SO_3), bissulfito de sódio (NaHSO_3 — sulfito ácido de sódio, sulfito hidrogenado de sódio), metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ — pirossulfito de sódio), metabissulfito de potássio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$ — pirossulfito de potássio), sulfito de potássio (K_2SO_3), bissulfito de potássio (KHSO_3), metabissulfito de cálcio (CaS_2O_5), sulfito de cálcio (CaSO_3), bissulfito de cálcio ($\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$) e ácido sulfúrico (H_2SO_4). Os íons são: sulfito (SO_3^{2-}), bissulfito (sulfito hidrogênio — HSO_3^-) e metabissulfito (Popolim, 2004).

Um fator que influencia a ligação do dióxido de enxofre é a disponibilidade de oxigênio no sistema. Com o oxigênio presente, parte do dióxido de enxofre pode ser oxidada, irreversivelmente, à forma sulfato, um composto inócuo em termos ambientais. Por meio da remoção dessas moléculas do dióxido de enxofre livre do sistema, o equilíbrio é deslocado e libera-se mais dióxido de enxofre ligado (Popolim, 2004).

O metabissulfito de sódio e a saúde ocupacional

O anidrido sulfuroso é considerado de insalubridade máxima pelo quadro nº 01 da Norma Regulamentadora nº 15 do Ministério do Trabalho e Emprego, quando atinge 4 ppm. Expondo os trabalhadores dessa atividade a grave e iminente risco para sua integridade física, caso a concentração do gás atinja valor superior a 8 ppm (partes do gás por milhão de partes do ar

Tabela 3.1: Reações químicas do Metabissulfito de Sódio e Bissulfito de Sódio

Bissulfito de sódio	
$\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Na}^+ + \text{OH}^-$	(Eq. 3.1)
Dissociação do ácido sulfuroso	
$\text{H}_2\text{SO}_3 \longrightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$	(Eq. 3.2)
Metabissulfito de sódio	
Reação com quantidade adequada de água	
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{SO}_2(\text{gás}) + \text{NaSO}_3 + \text{OH}^-$	(Eq. 3.3)
$\text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \longrightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$	(Eq. 3.4)
Reação com quantidade insuficiente de água	
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{gelo úmido} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{SO}_2(\text{g}) + \text{NaHSO}_3$	(Eq. 3.5)

contaminado). A quantidade de dióxido de enxofre gerada pelos sulfitos em dissolução, depende do pH e da temperatura (Teles Filho, 2003).

O SO_2 é um gás incolor, às condições normais de temperatura, de sabor ácido, odor pungente, sufocante, de enxofre queimando. O SO_2 é facilmente liquefeito quando comprimido e condensa-se na forma líquida a temperatura de -10°C . O limite de percepção de odor é em torno de 3 ppm. Combina-se facilmente com a água, formando ácido sulfuroso (H_2SO_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4). Na indústria de petróleo, o dióxido de enxofre é lançado na atmosfera na queima do petróleo, constituindo cerca de 95% dos compostos de enxofre resultantes da combustão do petróleo. As principais fontes emissoras em refinarias são: caldeiras, unidades de craqueamento e

regeneração, *flares* e operações de tratamento. Assim descreve o sítio de química da Universidade Federal do Paraná, sobre o dióxido de enxofre.

Usos: Intermediário na produção de ácido sulfúrico, produção de diversos compostos sulfurosos, agente alvejante para o açúcar, fibras, colas, couro, etc.

Grau de Insalubridade (NR 15): Máximo.

Classificação de Carcinogenicidade ocupacional (ACGIH/95-96): Não classificado como carcinogênico para o homem.

Limites de tolerância:

LT-MP ou TLV (ACGIH/95-96) = 2 ppm, 5,2 mg/m³

LT-ECD ou TLV-STEL (ACGIH/95-96) = 5 ppm, 13 mg/m³

LT-TETO ou TLV-CEILING = não estabelecido

IDLH = 100 ppm

MAC (Rússia) = 10 mg/m³

Toxicocinética e Toxicodinâmica

Exposição aguda O SO₂ é um gás irritante e seus efeitos são devidos à formação de ácido sulfúrico e ácido sulfuroso ao contato com as mucosas umedecidas em consequência de sua rápida combinação com água, quando ocorre reação de oxidação.

A intoxicação aguda resulta da inalação de concentrações elevadas de SO₂. A absorção pela mucosa nasal é bastante rápida, e aproximadamente 90% de todo o SO₂ inalado são absorvidos na via aérea superior, onde a maioria dos efeitos ocorre. Logo após a absorção, ele é distribuído prontamente pelo organismo, atingindo tecidos e o cérebro. Observa-se irritação intensa da conjuntiva e das mucosas das vias aéreas superiores, ocasionando dificuldade para respirar (dispneia), desconforto, extremidades arroxeadas (cianose), rapidamente seguidas por distúrbio da consciência. A morte pode resultar do espasmo reflexo da laringe, edema de glote, com consequente privação do fluxo de ar para os pulmões, congestão da pequena circulação (pulmões), surgindo edema pulmonar e choque (BASF, 1999).

A pneumonia pode ser uma complicação após exposição aguda à substância. broncoconstrição e sibilos podem surgir. Pacientes asmáticos podem apresentar broncoespasmo em baixas concentrações da substância.

Em baixas concentrações, a tosse é o sintoma mais comum. Experimentos com voluntários humanos saudáveis, expostos por 10 minutos a concentrações de 5 a 10 ppm de SO₂, demonstram-se alterações da função pulmonar como aumento da resistência à respiração e diminuição do volume expiratório de reserva, secundários à constrição brônquica.

Na pele, o contato com o líquido pressurizado provoca queimadura, devido à baixa temperatura. A formação de ácido sulfuroso leva a queimaduras. Reações alérgicas por hipersensibilidade podem ocorrer.

O SO₂ penetra no tubo digestivo, diluindo-se na saliva e formando ácido sulfuroso. Os dentes perdem o brilho, surgem amarelamento do esmalte, erosões dentárias e distúrbios das gengivas.

Após ser deglutido, o dióxido de enxofre é absorvido, provocando alterações metabólicas como acidose, diminuição da reserva alcalina e aumento da excreção urinária de amônia.

Outros distúrbios metabólicos têm sido encontrados: desordens no metabolismo das proteínas, carboidratos, deficiências de vitaminas B e C.

É provável que a absorção de grande quantidade de SO₂ tenha efeitos hematológicos, produzindo metamoglobina. Níveis de sulfemoglobina de 6 a 12% foram encontrados na autópsia de dois trabalhadores que morreram intoxicados.

O contato com a pele provoca irritação, devido à formação de ácido sulfuroso, com o suor.

Exposição crônica A exposição prolongada a concentrações elevadas de SO₂ provoca nasofaringite, com sensação de ardência, dor e secreção sanguinolenta nasal, dor na garganta, tosse seca ou produtiva, eritema e edema (inflamação) da mucosa nasal, das amígdalas, da faringe e laringe. Em estágios mais avançados, ocorre atrofia dessas mucosas com ulceração do septo nasal que leva a sangramentos profundos. A perda do olfato pode ocorrer.

Nas vias aéreas inferiores, o SO₂ ocasiona bronquite crônica, enfisema pulmonar e infecções respiratórias frequentes.

Controle da exposição e prevenção da intoxicação Controle da emissão, ventilação dos locais, enclausuramento do processo, equipamento de proteção respiratória para os locais com elevadas concentrações. Trabalhadores da despesca do camarão devem utilizar filtro químico para gases ácidos, combinado com filtro mecânico tipo P-1.

O metabissulfito de sódio e a carcinicultura

Após a despesca, visando evitar a ocorrência de melanose, os camarões são submetidos a tratamento de imersão em solução de metabissulfito de sódio. A concentração da solução de sulfito usada para tratamento dos camarões após despesca varia em torno de 6% e um tempo de imersão de 15 a 20 min. A solução é preparada, em geral, em tanques de 2.000 litros contendo gelo e 120 kg de metabissulfito de sódio, onde é adicionado o camarão logo após despescado. Seu emprego na carcinicultura tem sido alvo de fortes críticas, a maioria delas decorrente do uso irresponsável ou da ignorância com relação ao uso correto deste produto químico (Valença & Mendes, 2004).

3.4 Os sistemas de gerenciamento ambiental

Conceitua-se Sistema de Gestão Ambiental como a parte do sistema de gestão global que inclui a estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental (NBR ISO 14001, 1996).

Raines (1999) conceitua como uma tentativa para criar um padrão de gerenciamento ambiental capaz de atender as organizações nas suas especificações para exportação — conformidade de processo na visão ambiental. O autor disserta sobre as motivações para a certificação das organizações:

- Busca de economias potenciais;
- Adequação a legislação vigente;
- Busca de vantagem competitiva em relação a concorrência;

- Benefícios do Marketing verde;
- Incentivos e/ou pressões regulatórias governamentais;
- Busca de incentivos governamentais;
- Busca de instrumento de qualificação comercial para exportação;
- Redução de taxas de seguros.

Ao ato da edição das normas da série ISO 14000, observou-se uma grande movimentação do mercado para a implantação de um sistema de gestão ambiental. Vale destacar que não obstante a validade do processo, o mesmo deverá estar calcado num profundo conhecimento de como se implantar, suas implicações e dificuldades.

A norma NBR ISO 14001 especifica os requisitos do sistema de gestão ambiental, tendo sido redigida de forma a aplicar-se a todos os tipos e portes de organizações, a para adequar-se a diferentes condições geográficas, culturais e sociais (NBR ISO 14001, 1996).

A base desta abordagem é a observância ao modelo proposto, baseado nos seguintes princípios:

- Implementação de uma política ambiental;
- Planejamento das ações;
- Implementação e operação;
- Verificação e implementação das ações corretivas;
- Realização de uma análise crítica pela organização, com vistas a abordar as eventuais necessidades de alteração na política e objetivos;
- Retroalimentação do sistema, através como instrumento de melhoria contínua para o sistema analisado.

Saliente-se que a forma de abordagem desta metodologia está baseada no ciclo PDCA, um dos legados de Demming (1986) a gestão das organizações.

Existe uma grande diferença entre implantar um sistema de qualidade baseado na ISO 9000 e um sistema ambiental baseado na ISO 14000. Este último exige um cuidado maior face à falta de cultura e ações ambientais nos diversos processos e nas pessoas de cada empresa. São poucas as que incorporam a variável ambiental em seu planejamento estratégico (Macedo, 1994).

Relatos de Ofori, Gang e Briffett (2001), destacam como benefícios de implantação de um Sistema de Gestão Ambiental a redução dos custos operacionais, o aumento da performance competitiva, e a melhoria da imagem da organização junto ao mercado e a coletividade.

A adoção e implantação de um Sistema de Gestão Ambiental é evidenciada como um qualificador de pedidos pela União Européia, segundo observações de Quazi *at al.* (2000).

Deve-se trabalhar no sentido de efetuar o deslocamento do paradigma vigente de que apenas empresas que tenham atividades impactantes e que vendam seus produtos no mercado externo deverão se preocupar com a ISO 14000. Este é um erro capaz de num futuro próximo fadar empresas ao insucesso. A questão ambiental trata diretamente a relação empresa, acionista, cliente, fornecedor, empregado e comunidade. A pressão interna deverá crescer e se tornar mais intensa. A empresa que não estiver consciente dessa nova realidade — que não seja uma empresa-cidadã estará comprometendo o seu futuro. A comunidade é parte integrante de qualquer sistema que busca a qualidade total.

Vislumbra-se um crescimento organizado e fundamentado tecnicamente das Organizações Não Governamentais e dos Conselhos de Defesa do Meio Ambiente. A fiscalização deverá ser descentralizada. Em nível empresarial, será necessária uma grande transformação. Há uma profunda necessidade de se conscientizar os empresários da nova realidade ambiental mundial. Não adianta discorrer sobre a implantação de um sistema de gestão ambiental baseado na ISO 14000, se o sistema gestor da empresa não estiver realmente comprometido e contemplado com as ações. Há uma necessidade de se conhecer profundamente os investimentos necessários e as normas a serem seguidas para a implantação deste.

Entretanto, a busca da certificação não deverá ser, de forma alguma, a meta principal, mas sim uma consequência do processo de conquista

da excelência ambiental. Não adianta ter um diploma afixado na parede, se o sistema implantado é falho. As empresas que adotarem esta postura enfrentarão a incredibilidade da comunidade e órgãos fiscalizadores. A variável ambiental deverá, obrigatoriamente, fazer parte do planejamento estratégico de qualquer empresa.

Experiências nacionais e internacionais em gestão ambiental

Em 1992 o Rio de Janeiro sediou a Conferência Mundial das Nações Unidas para o meio ambiente e o desenvolvimento. Esta conferência caracterizou-se por gerar documentos mais sistematizados e prescritivos para o desenvolvimento sustentável, focados sobretudo na atuação governamental. Dentre os documentos gerados nesta conferência, destaca-se a Agenda 21, com foco no desenvolvimento sustentável, cujo conceito básico é a participação de todas as partes, visando o desenvolvimento do todo. Sua estratégia pode ser resumida pelo lema: “Agir local, pensar global” (Silva Filho, 2000).

Continuando a citar o autor acima, “Agir local” refere-se a inclusão da questão ambiental na gestão e execução das políticas públicas, caracterizando-se esta conceituação como práticas utilizadas pelos governos para minimizar os impactos ambientais de cidades.

No âmbito das possibilidades de gestão e planejamento sócio-econômico, onde a questão ambiental se inclui, o poder público no Brasil possui três esferas de atuação: A Federal, a Estadual e a Municipal. Uma boa maneira de compreender estas diferentes esferas de atuação do poder é a da classificação das vias de atuação proposta por Barbieri (1997), reproduzida na Tabela 3.2, disposta na página seguinte.

Sinclair-Desgagné e Landis Gabel (1997), relatam experiências no Canadá na adoção de novos padrões internacionais de auditoria ambiental que surgem de demandas públicas para adoção e implementação de empresas privadas. Uma de suas características mais importantes segundo os autores, é a ênfase aos sistemas gerenciais e incentivos, fato que resulta em uma abordagem inteligente dos recursos ambientais.

Relatos de Seder, Weinkauff, e Neumann (2000), discorrem sobre a importância da formação de bases de dados com vista à elaboração de modelos de planejamento regional da questão ambiental na Alemanha.

Tabela 3.2: Principais instrumentos de política ambiental pública

Gênero	Espécie
Comando e controle	Padrão de emissão e desempenho; proibições e restrições sobre produção, comercialização e uso de produtos; licenciamento ambiental.
Econômico	Tributação sobre poluição e uso de recursos naturais; incentivos fiscais; criação e sustentação de mercados; financiamentos em condições especiais; licenças negociáveis.
Diversos	Educação ambiental; reservas ecológicas e outras áreas de proteção ambiental; informações ao público; mecanismos administrativos e jurídicos de defesa do meio ambiente.

Esta ferramenta é reconhecida na sua eficácia como suporte à tomada de decisão de questões ambientais.

No Brasil, podemos destacar o inventário nacional de resíduos industriais, gestão regulamentada pela resolução nº 6 de 1988, do CONAMA visando elaborar um quadro atualizado da geração e disposição dos resíduos industriais e sua conseqüente ação formadora de política ambiental pública para o trato da questão (CONAMA, 1988).

3.5 A produção mais limpa

De acordo com a *United Nations Environmental Program/United Nations Industrial Development Organization* — UNEP/UNIDO, a P+L é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada, nos processos produtivos, produtos e serviços, para reduzir os riscos relevantes aos seres humanos e ao meio ambiente (UNEP/UNIDO, 1995).

Nesta forma alternativa de produzir bens e serviços utiliza-se ajustes no processo produtivo que permitem a redução da emissão/geração de

resíduos diversos, podendo ser feitas desde pequenas reparações no modelo existente, até a aquisição de novas tecnologias.

Neste tópico discute-se uma nova abordagem do trato da questão ambiental no ambiente corporativo. Trata-se de uma metodologia que discute a equação tradicional de produção no que tange a sua relação intrínseca *insumo/transformação/resultado*, denominada como produção mais limpa.

Esta metodologia foi desenvolvida visando à aplicação de uma estratégia ambiental para reduzir os riscos relevantes aos seres humanos e ao meio ambiente no processo produtivo, e corresponde a um procedimento planejado com o objetivo de identificar oportunidades para eliminar ou reduzir a geração de efluentes, resíduos e emissões, além de racionalizar a utilização de matérias-primas e insumos (Lima, 2005).

Baseia-se esta estratégia na discussão da forma de alocar recursos produtivos para a geração de um produto e/ou serviço. Isto se traduz, na criação de um ambiente corporativo proativo, permeável a mudanças, não apenas no que tange aos insumos empregados no processo, mas também à tecnologia utilizada, remetendo-se a considerações até sobre a embalagem a ser utilizada para o seu acondicionamento (Lima, 2005).

Trata-se enfim da discussão em torno de uma alternativa sustentável de produzir justificando-se a sua implementação através das seguintes assertivas:

- Busca-se com a implementação de P+L a produção sustentável, minimizando-se as agressões ambientais.
- P+L se traduz em redução da exploração dos recursos naturais.
- Para a empresa, reduzir desperdícios torna-se uma evidente fonte de vantagem competitiva.
- Para a sociedade além dos evidentes ganhos ambientais, a busca incessante por novas alternativas tecnológicas, sustentáveis ao ponto de vista ambiental, torna-se um instrumento de desenvolvimento tecnológico, de crescimento industrial, focado nas boas práticas ambientais (Lima, 2005).

Esta forma alternativa de produzir bens e serviços utiliza ajustes no processo produtivo que permitem a redução da emissão/geração de resíduos diversos, podendo ser feitas desde pequenas reparações no modelo existente, até a aquisição de novas tecnologias (Canepa, 1997).

Para a correta implementação, dessa metodologia, deve-se levar em consideração alguns aspectos como os, a seguir dispostos:

- P+L requer mudança de atitude — produzir nessa metodologia pressupõe um quadro de colaboradores motivado, buscando-se de forma proativa a melhoria contínua dos seus processos e/ou serviços.
- P+L frequentemente está associado à melhoria tecnológica — a modificação do processo em muitas situações requer a alteração de um componente tecnológico (a inserção de um controle automático de processo, por exemplo).
- Melhoria contínua em P+L exige *know-how* — o investimento em recursos humanos e a eventual contratação de consultoria externa especializada são comumente requeridos (Lima, 2005).

A discussão acima revela uma necessidade do estabelecimento de uma interface consistente entre o setor produtivo da empresa e determinados setores de staff ao modelo produtivo, notadamente o de recursos humanos.

O surgimento da P+L no mundo

A UNIDO e a UNEP criaram, em 1994, o programa de Produção Mais Limpa, voltado para a preservação ambiental. Cerca de 16 Centros de Produção Mais Limpa já foram implementados em várias partes do mundo, e 14 estão em implementação. Esses centros, chamados de *National Cleaner Production Centres* — NCPC, têm como papel principal promover demonstrações na planta industrial; treinamento de todos os envolvidos; disseminação das informações e avaliação das políticas ambientais (UNEP, 1995).

A P+L no Brasil

Em julho de 1995, foi inaugurado o núcleo brasileiro, denominado Centro Nacional de Tecnologias Limpas — CNTL/Brasil, o qual está localizado no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial — SENAI/RS, em Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul. O CNTL/SENAI-RS propõe-se a atuar como um instrumento facilitador para a disseminação e implementação do conceito de Produção Mais Limpa em todos os setores produtivos. O programa desenvolvido no Brasil corresponde a uma adaptação do programa da UNIDO/UNEP e da experiência da Consultoria Stenum, da cidade de Graz, na Áustria, que desenvolveu o projeto *Ecological Project for Integrated Environmental Technologies* — ECOPROFIT (SENAI, 2000).

Abordagens de P+L

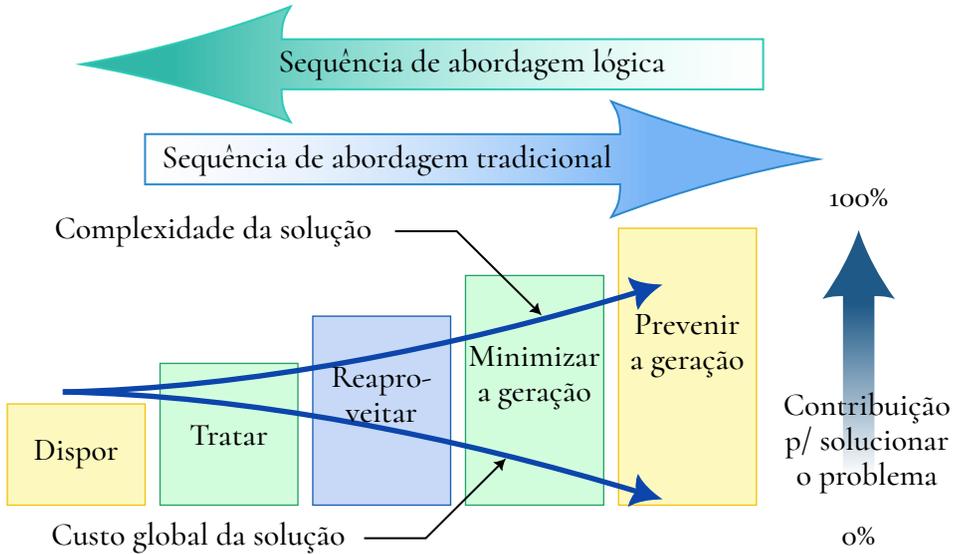
A abordagem da metodologia P+L contrapõe-se ao sistema tradicional no trato da questão ambiental, ou seja, a tecnologia fim-de-tubo. Ao invés de tratar o resíduo, busca-se primeiro prevenir a sua geração. Na impossibilidade de alcançar a meta de geração zero, busca-se minimizá-la. Os procedimentos propostos a seguir buscam, respectivamente, reaproveitar os resíduos, seja no próprio processo produtivo ou na manufatura de um produto novo, a partir deste resíduo. Finalmente, busca-se tratar o resíduo, e dispô-lo de forma adequada ao meio ambiente.

A análise da Figura 3.1, disposta na página seguinte, contribui para o entendimento da metodologia. Dela, pode-se concluir que a melhor solução em termos ambientais na lógica P+L (prevenir a geração de resíduo), traduz-se em maior complexidade no trato da questão, e em contrapartida, gera uma solução com menor custo global. Aqui, novamente, evidencia-se a importância do componente tecnológico da solução do problema de P+L. Neste escopo, cresce a relevância de uma participação externa à organização para o estabelecimento inicial do programa (Lima, 2005).

A seguir sugere-se a seguinte escala de prioridades:

Evitar a geração Representa o primeiro passo na abordagem P+L. Buscamos assim usar o insumo na sua totalidade, sem desperdícios.

Figura 3.1: Abordagem metodológica da P+L



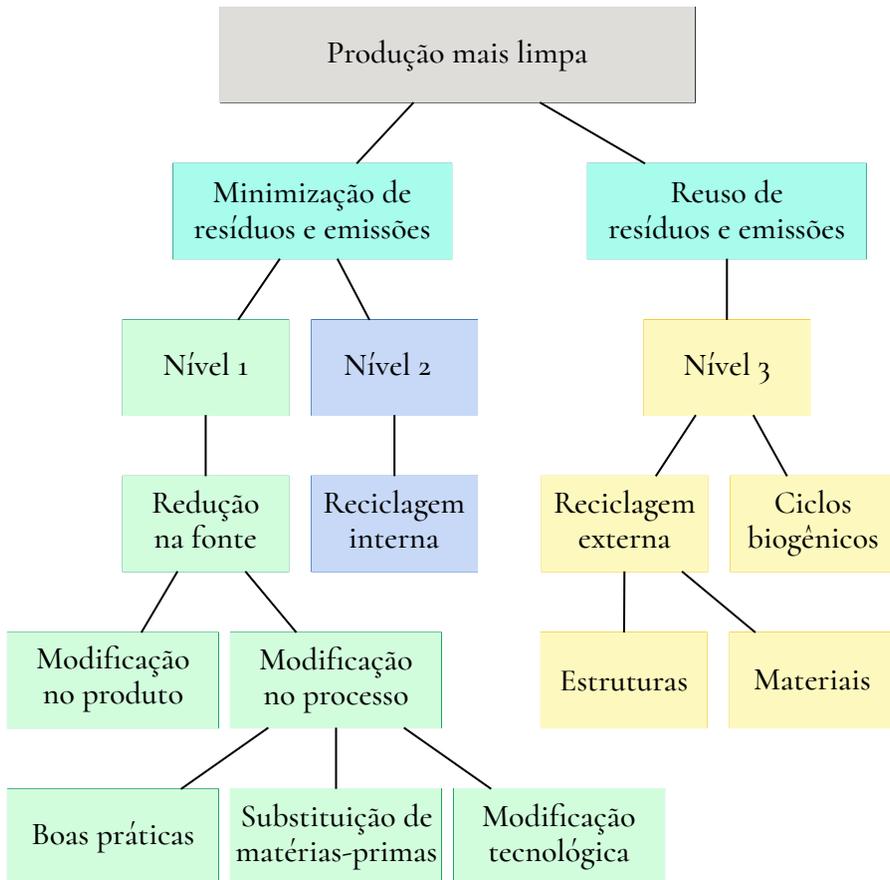
Minimizar a geração Quando no processo de manufatura é impossível alcançar a meta de “zero resíduo”, trabalhamos para que este seja o menor possível.

Reciclar/Reutilizar o resíduo Nesta fase buscamos reaproveitar o resíduo no mesmo processo produtivo, ou caso não seja viável, viabilizar a produção de um novo item a partir deste resíduo.

Efetuar tratamento químico, biológico, físico ou eventual incineração Nesta fase, a metodologia sugere a busca da solução ambientalmente mais adequada, com vista a preparar o resíduo à fase final de processamento, ou seja, a disposição adequada no meio ambiente.

É importante salientar que quanto melhor a solução em termos de P+L, menor a quantidade de resíduos a serem dispostos no meio ambiente e, conseqüentemente, menor o passivo ambiental. A Figura 3.2, na página a seguir, traduz de forma didática a aplicação da metodologia (SENAI, 2000).

Figura 3.2: Níveis de aplicação de P+L



Metodologia de P+L

Constitui-se de uma avaliação técnica, econômica e ambiental de um processo produtivo pela sua análise detalhada e posterior identificação de oportunidades, que possibilitem melhorar a eficiência. A metodologia pode ser aplicada em todos os setores, incluindo indústria, comércio e serviços, além de atividades do setor primário.

A implementação de um programa de produção mais limpa pode envolver um ciclo de estratégias de *design* em todas as fases do processo, que

transcendem aos limites físicos da empresa, passando a envolver todo o ciclo de vida.

Divisão do programa em etapas, tarefas e atividades

- O programa de produção mais limpa pode ser dividido em 5 ETAPAS.
- Estas ETAPAS, devido à sua complexidade, podem ser divididas em 20 TAREFAS.
- Por sua vez, as tarefas são divididas em ATIVIDADES, que variam conforme a TAREFA (SENAI, 2000).

Etapas da implantação de um programa de P+L

Etapa 1 Planejamento e Organização

- Passo 1: Obtenção do comprometimento gerencial;
- Passo 2: Estabelecer a equipe do projeto (ecotime);
- Passo 3: Estabelecimento da amplitude do programa de produção mais limpa na empresa, com metas claras;
- Passo 4: Barreiras e soluções.

Produto final desta etapa: Organização da equipe e definição do escopo do estudo.

Etapa 2 Diagnóstico e pré-avaliação

- Passo 5: Estudo detalhado do fluxograma do processo;
- Passo 6: Levantamento de dados e realização do balanço de material;
- Passo 7: Seleção do foco de avaliação e definição dos principais indicadores.

Produto final desta etapa: Foco de avaliação selecionado.

Etapa 3 Realização dos estudos e avaliação

- Passo 8: Elaboração do balanço de material e monitoramento;
- Passo 9: Identificação das causas da geração de resíduos, emissões, efluentes e perdas de energia;
- Passo 10: Identificação e seleção preliminar de oportunidades de P+L com definição dos principais indicadores;
- Passo 11: Priorização das oportunidades de P+L, montando uma provável sequência de implantação.

Produto final desta etapa: Conhecimento do processo e obtenção de conjunto abrangente de oportunidade de P+L.

Etapa 4 Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental

- Passo 12: Realizar a avaliação dos dados obtidos na Etapa 3 (preliminar);
- Passo 13: Realizar a avaliação técnica;
- Passo 14: Realizar a avaliação econômica;
- Passo 15: Realizar a avaliação ambiental;
- Passo 16: Selecionar as oportunidades viáveis.

Produto final desta etapa: Lista de oportunidades viáveis.

Etapa 5 Implementação e continuação

- Passo 17: Preparar um plano de implementação;
- Passo 18: Implementar as oportunidades de P+L, que passam a ser denominados de caso;
- Passo 19: Aplicar o plano de monitoramento dos estudos de caso;

- Passo 20: Avaliar a evolução dos indicadores e manter os planos de continuidade para o programa de P+L (SENAI, 2000).

Produto final desta etapa: Implantação dos estudos de caso e acompanhamento.

Consolidando

- P+L é uma estratégia ambiental para reduzir os riscos relevantes aos seres humanos e ao meio ambiente no processo produtivo;
- Traduz-se em um procedimento planejado com o objetivo de identificar oportunidades para eliminar ou reduzir a geração de efluentes, resíduos, e emissões, além de racionalizar a utilização de matérias-primas e insumos;
- P+L requer mudança de atitudes — produzir nesta metodologia pressupõe um quadro de colaboradores motivado, buscando de forma proativa a melhoria contínua nos seus processos e/ou serviços;
- P+L frequentemente está associado a melhoria tecnológica — a modificação do processo em muitas situações requer a alteração de um componente tecnológico, além de um componente externo à organização para implantação.

Capítulo 4

Metodologia experimental

Neste capítulo são apresentados os materiais utilizados na pesquisa experimental, bem como os métodos empregados. Aqui descrevem-se os equipamentos experimentais e apresentam-se os diagramas de execução das etapas experimentais.

A pesquisa desenrolou-se em duas fases distintas:

A **primeira**, realizou-se no laboratório de engenharia ambiental e controle de qualidade da Universidade Federal do Rio Grande do Norte — UFRN.

Seu objetivo foi determinar a cinética do decaimento oxidativo do metabissulfito de sódio, estabelecendo seus parâmetros com os fatores intervenientes tempo, temperatura, e presença de ar.

Como verificação adicional, investigou-se a conversão dos sulfitos dissociados no efluente sintético em sulfato de sódio, substância inócua em termos ambientais, passível de ser reintroduzida no meio biótico através da proposição de um simples protocolo de reuso. A base teórica para este direcionamento da pesquisa encontra respaldo nas afirmações de Popolim (2004) em seu instrumento dissertativo.

A **segunda** fase do trabalho de pesquisa foi realizada em uma fazenda de cultivo de camarões localizada na bacia flúvio-estuarina de Guaráiras, litoral sul do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Esta fase do trabalho

objetivou a investigação das oportunidades da prática da metodologia P+L neste segmento do agronegócio.

O presente projeto de pesquisa viabilizou-se através do apoio institucional do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq, apoiado através do fundo setorial CTHIDRO, ação que ressalta o mérito científico e tecnológico da proposta.

Obteve-se adicionalmente como ator social interveniente às ações a participação da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte, atuado como coarticuladora deste projeto de pesquisa. Sua adesão ao projeto reforçou a consistência do mesmo, como também se espera, contribuirá para a eventual adoção da tecnologia fruto do presente projeto de pesquisa.

4.1 A metodologia experimental

A base teórica que fornece respaldo para o modelo experimental proposto baseia-se na conhecida instabilidade dos derivados de enxofre.

O metabissulfito de sódio em meio aquoso dissocia-se nos termos das Eq. 3.1 e Eq. 3.2 detalhadas na Tabela 3.1 anteriormente disposta. A verificação experimental baseia-se na capacidade do íon sulfito oxidar-se a sulfato tendo como fatores intervenientes ao processo a temperatura e o fornecimento de oxigênio em excesso, tal como preconizado por Popolim (2004) em seu instrumento dissertativo.

A discussão referente a proposta de estratégia de sistema de gestão ambiental foi baseada na metodologia da UNEP denominada produção mais limpa, e implementada via estudo de caso realizado em uma fazenda de cultivo de camarões localizada na bacia fluvio-estuarinade Guarairas, no litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

4.2 Material e métodos

Ao longo de toda a formatação experimental foram testadas várias alternativas de simulação em bancada. A alta corrosividade do efluente sintético — uma solução de 60 g/l de metabissulfito de sódio inviabilizava a repro-

atividade do experimento, em face do que o sistema de aquecimento originariamente proposto constituído de um banho termostático não resistia às condições operacionais do mesmo.

Como forma de superar esta limitação procedeu-se uma pesquisa de materiais com vista a construir um reator atmosférico capaz de suportar as condições operacionais do experimento.

O reator

A solução encontrada foi a construção de um reator atmosférico com 10 litros de capacidade, cujo corpo foi construído a partir de uma luva de PVC de alta pressão com diâmetro nominal de 10 polegadas e espessura da parede de $\frac{1}{2}$ polegada. Como mecanismo de transmissão de calor adaptou-se uma serpentina de aquecimento a partir de um tubo de silicone de $\frac{1}{2}$ polegada de diâmetro. Seu comprimento no interior do reator foi de 12 m. Uma visão geral do reator está disponível na Figura 4.1, a seguir disposta.

Figura 4.1: Visão geral do reator usado no experimento



No sistema construtivo o reator foi dotado de duas tampas de vidro temperado com 5 mm de espessura. A inferior sem ressalto abrigaria o reator diretamente na bancada. A superior, dimensionada a partir do mesmo material da anteriormente descrita, tem a função adicional de

receber um condensador adicionado ao sistema com o objetivo de reduzir as perdas por evaporação do mesmo, além de ponto de amostragem do banho, e entradas para o sistema de oxigenação forçada. Como alternativa de oxigenação do sistema, disponibilizou-se ao mesmo uma bomba centrífuga de aquário.

4.3 A fonte de calor

Como fonte de calor proveu-se o sistema de um banho termostático, com a finalidade de circular água como fluido quente pelo reator através da serpentina. A Figura 4.2 a seguir disposta, ilustra o sistema de circulação indireta que proporciona o aquecimento do sistema.

Figura 4.2: Visão interna do reator



4.4 O método

A seguir descreve-se o método analítico proposto para a validação da hipótese — a oxidação do metabissulfito de sódio em um composto de reduzido impacto ambiental, o sulfato de sódio. Para tal, utiliza-se os seguintes procedimentos experimentais:

- Verificação titulométrica de sulfitos;
- Identificação espectrofotométrica de sulfatos.

Os métodos acima descritos são recomendados pelo Standard Methods, e reconhecidos pela USEPA, fator que confere consistência aos resultados obtidos.

4.5 O planejamento do experimento

O experimento a seguir descrito baseia-se na residência de uma solução de efluente sintético com concentração inicial de 60 g/l, submetida a diferentes condições no que diz respeito as variáveis tempo, temperatura, e aeração. Pretendeu-se estabelecer ao longo dos experimentos um intervalo de confiança entre os pontos de análise não superior a 5%, medido através de consolidação estatística, utilizando-se como ferramenta a planilha Microsoft Excel.

4.6 A pesquisa de campo

A segunda parte do trabalho tem cunho descritivo e exploratório. Realizou-se um trabalho de campo em uma fazenda de cultivo de camarões localizada na bacia flúvio-estuarina de Guaraíras, litoral sul do estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

Seu objetivo foi parametrizar o método produtivo utilizado na empresa com vistas ao estabelecimento de uma estratégia de gestão ambiental tendo como base a P+L.

A metodologia utilizada foi a pesquisa exploratória implementada através de estudo de caso, utilizando-se para tal os recursos de pesquisa bibliográfica, coleta de dados, além de entrevistas realizadas com o corpo técnico de colaboradores da empresa-objeto, uma fazenda de cultivo de camarões localizada no litoral do estado do Rio Grande do Norte, Brasil, na zona de influência da bacia flúvio-estuarina de Guaraíras.

Gil (1996) sugere este modelo como forma de obtenção do aprimoramento de ideias, e descoberta de intuições para a construção da hipótese.

Justifica-se a adoção deste modelo metodológico a partir das evidências de poucos dados disponíveis na literatura acadêmica, além de ser um procedimento voltado para investigação de um fenômeno dentro de seu contexto real (Yin, 2002).

O empreendimento objeto da presente pesquisa pode ser classificado como de médio porte, constituído por um conjunto de vinte e quatro tanques de cultivo. O patamar tecnológico dos processos utilizados no empreendimento é semelhante ao praticado pelos demais produtores da região, contribuindo para validar as conclusões, com o objetivo final de contribuir para a difusão das boas práticas ambientais inerentes à aplicação desta técnica.

Capítulo 5

Resultados e discussão

A seguir dá-se início a apropriação dos resultados e a respectiva discussão dos mesmos. Para tal este capítulo foi dividido em duas seções:

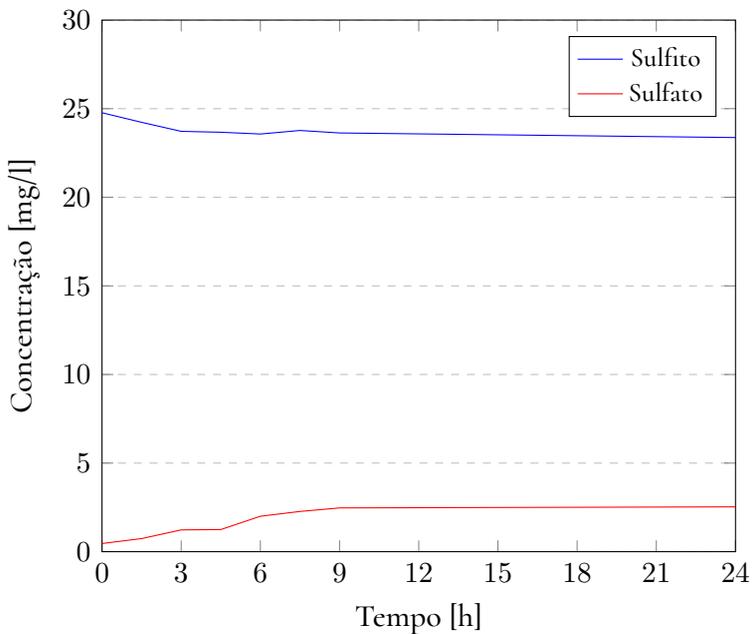
- Seção 5.1 — Discute a cinética e estequiometria do decaimento oxidativo do metabissulfito de sódio, efluente sintético investigado em laboratório;
- Seção 5.2 — Propõe uma estratégia de gestão ambiental traduzida em um protocolo de implementação da metodologia denominada produção mais limpa no *cluster* produtivo da carcinicultura, baseado em estudo de caso descrito no capítulo anterior deste instrumento dissertativo.

5.1 Análise da cinética e estequiometria do decaimento oxidativo do metabissulfito de sódio

A seguir descreve-se o processo investigativo experimental em busca da validação da primeira hipótese — a possibilidade de conversão do metabissulfito de sódio utilizado no processo de despesca da carcinicultura em um componente de menor passivo ambiental, possibilitando o seu reuso.

A fase inicial do experimento pretendeu investigar o efeito da temperatura no grau de conversão de metabissulfito a sulfato de sódio sem aeração. Os resultados a seguir dispostos referem-se a média de 6 experimentos realizados a temperatura ambiente, utilizando-se como efluente sintético uma solução de 60 g/l de metabissulfito de sódio *food-grade*, concentração esta que reproduz o ambiente operacional inicial do processo de despesca.

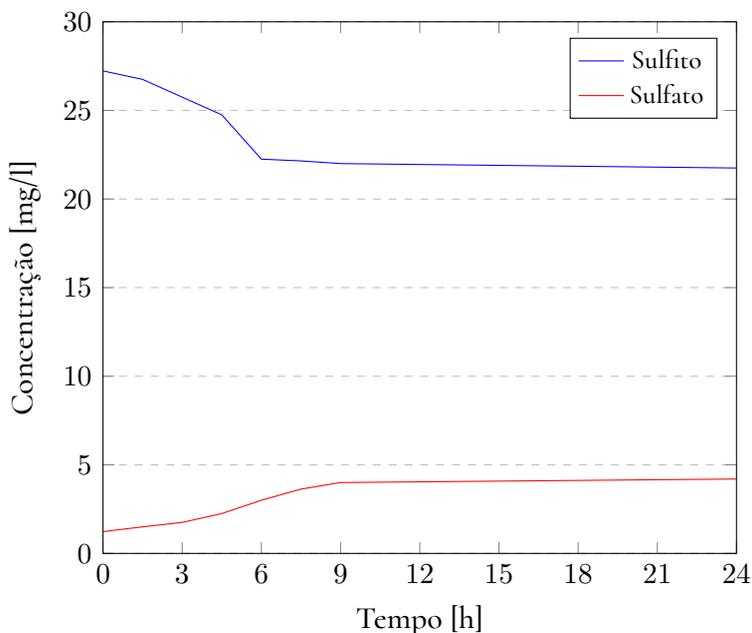
Figura 5.1: Efeito da temperatura na oxidação do efluente sintético



Através do análise da Figura 5.1 acima disposta, verifica-se a baixa eficiência da reação nas condições de controle. Após nove horas de reação verifica-se uma redução na concentração de sulfitos da ordem de 4,57%, atingindo 5,65% decorridas vinte e quatro horas de reação à temperatura ambiente, a taxa de conversão de sulfito para sulfato ao longo da batelada revela-se igualmente pequena, atingindo índices equivalentes a 2,47 e 2,53 mg/l de sulfato de sódio respectivamente nos períodos acima especificados na análise do efluente sintético.

Dando seguimento ao processo investigativo, repetimos o experimento anterior nas mesmas condições de controle, inserindo-se no sistema oxigênio em excesso, via aeração forçada. Os resultados a seguir dispostos representam igualmente uma média de 6 experimentos realizados em bancada.

Figura 5.2: Efeito da temperatura na oxidação do efluente sintético na presença de oxigênio em excesso

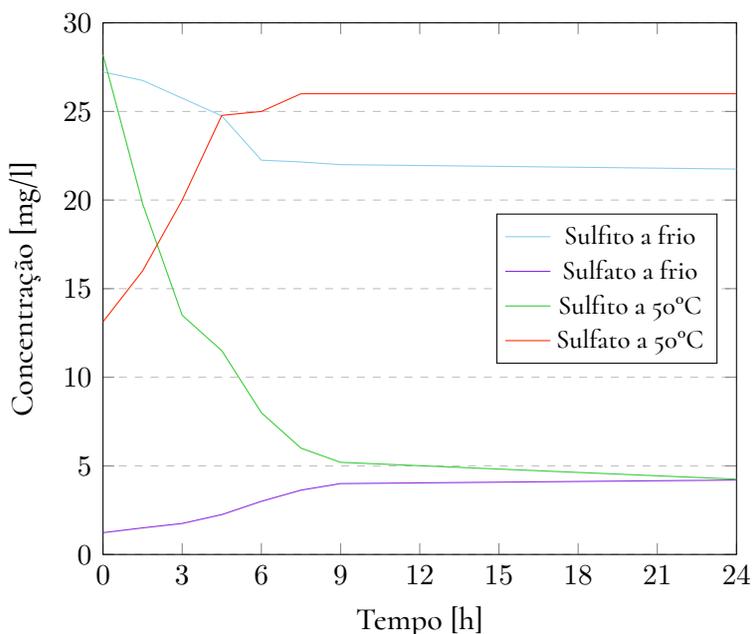


Ao analisar os resultados do experimento anteriormente descrito, percebe-se uma significativa melhoria no rendimento da reação. Comparando-se os pontos finais das reações mostradas nas Figuras 5.1 e 5.2, observa-se que inserindo oxigênio em excesso a solução de controle, verifica-se uma diminuição de 7% na concentração de sulfito residual, além de um aumento de 166% no volume de sulfato de sódio gerado pelo sistema.

Evoluindo o processo investigativo, buscou-se investigar o efeito do aumento da temperatura no sistema, em presença de excesso de ar. Para discutir o efeito comparativo, realizou-se um conjunto de 6 experimentos

com o efluente sintético a temperatura de 50°C. A Figura 5.3 a seguir disposta consolida os seus resultados.

Figura 5.3: Efeito do aumento da temperatura na oxidação do efluente sintético na presença de oxigênio em excesso



Ao analisar-se a Figura 5.3 anteriormente disposta, percebe-se uma maior dissociação inicial do efluente sintético. Igualmente observa-se uma significativa melhoria na performance da reação referente aos dois parâmetros analisados, ao fim do período analisado o teor de sulfato caiu 85,81% a 50°C, comparado a uma diminuição de 20,12% do experimento realizado a temperatura ambiente. Verifica-se igualmente um significativo aumento na taxa de formação de sulfato de sódio, atingindo no final experimento realizado a temperatura de 50°C o valor de 26 mg/l.

Após verificada a efetiva influência da temperatura no rendimento da reação, foi definido o direcionamento estratégico para o experimento. Elegeu-se assim a temperatura de 60°C como a de controle do experimento.

Busca-se como um dos objetivos do trabalho a proposição de um protótipo que possa ser utilizado em campo como efetivo sistema de remediação. Entende-se que um dos condicionantes para a eficiência operacional do protótipo seja a sua portabilidade. Assim pretende-se construir um protótipo que prescindia do uso de energia elétrica, utilizando-se assim a energia solar para aquecimento do sistema.

Desta forma justifica-se o estabelecimento da restrição a temperatura, utilizando-se a premissa que tal rendimento pode ser obtido com placas coletoras solares em qualquer região do território nacional, em qualquer estação do ano.

Assim, através destas premissas restritivas estabeleceu-se as condições operacionais a serem praticadas no experimento — tratar 60 g/l de efluente sintético no reator atmosférico anteriormente descrito, utilizando-se a temperatura de controle máxima de 60°C.

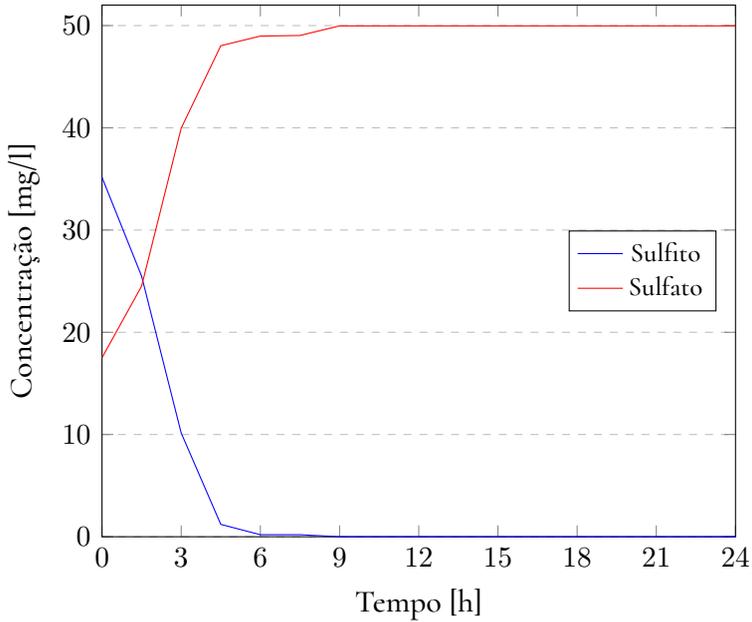
O experimento acima proposto foi realizado em *batches* de 24 horas, como forma de garantir que o ponto final da reação foi atingido. Foram utilizados 7 pontos de coleta de amostras, as mesmas feitas em triplicata. Ao realizar-se o análise das mesmas, um desvio superior a 5% entre os dois resultados identificados para um referencial colhido, suscitava a análise da terceira amostra.

O experimento acima descrito foi replicado em um conjunto de 29 *batches*, buscando-se conferir ao experimento a efetiva consistência estatística a partir de uma variância obtida em cada um dos pontos analisados inferior a 5%, valor aceito pela comunidade acadêmica como adequado para a validação dos resultados da pesquisa.

A análise da Figura 5.4 (na próxima página), que consolida a média dos 29 ensaios realizados, aponta para os seguintes dados:

- Aumentando-se a temperatura da reação verifica-se uma maior taxa de dissociação inicial de metabissulfito de sódio em íons sulfito. A afirmação anterior pode ser comprovada comparando-se os resultados do parâmetro concentração de sulfito, no instante inicial da reação nas Figuras 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4;
- Verifica-se igualmente que após sete e meia horas de reação o valor residual de metabissulfito de sódio identificado é 0,20 mg/l, valor este

Figura 5.4: Resultados dos testes de bancada para o modelo proposto

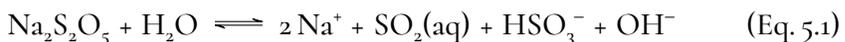


que praticamente representa o representado pela prova em branco — a água destilada que representa o efluente sintético sem, as 60 g/l de metabissulfito de sódio;

- Verifica-se uma elevada conversão de metabissulfito de sódio em sulfato de sódio, tal como preconizado nas afirmações de Popolim (2004).

Discussão

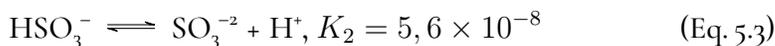
Os resultados observados estão em conformidade com o comportamento esperado para o sistema químico empregado. Como disposto no referencial teórico, o metabissulfito de sódio em solução gera $\text{SO}_2(\text{aq})$ e HSO_3^- , o que pode ser representado pela equação abaixo.



Sabe-se que o dióxido de enxofre (SO_2) em solução aquosa é convertido a uma mistura de íons bissulfito (HSO_3^-), sulfito (SO_3^{2-}) e hidrogênio (H^+), como afirmam diversas fontes, entre as quais podemos citar Gunnison *et al.* (1987). A espécie dominante, entre pH 2 e 5-7, é o HSO_3^- , pois o dióxido de enxofre em presença de água dá origem ao equilíbrio abaixo esquematizado:



Em valores de pH mais altos (ou seja, em meio mais alcalino), o íon SO_3^{2-} passa a prevalecer (Popolim, 2004), quando se estabelece um novo equilíbrio:



É importante observar que um fator que influencia a quantidade de SO_2 presente é a disponibilidade de oxigênio no sistema. Em presença de ar (portanto, de oxigênio), parte do dióxido de enxofre em solução pode se oxidar, gradual e irreversivelmente, ao ácido sulfúrico, liberando íons sulfato (SO_4^{2-}). Esse processo ocorre mesmo a frio (Ohlweiler, 1973):



À medida que as moléculas do dióxido de enxofre são removidas do sistema (conforme a Eq. 5.4), o equilíbrio da reação esquematizada na Eq. 5.1 é deslocado e libera-se mais dióxido de enxofre, que na continuação será também consumido. Em consequência desse caminho reacional que ocorre com a participação do oxigênio, a presença de íons SO_3^{2-} no sistema tende a cair, obtendo-se um aumento na concentração de SO_4^{2-} . É importante acrescentar que os íons sulfato não provocam os mesmos efeitos adversos dos sulfitos. Eles são inertes ao organismo e não necessitam ser evitados pelos indivíduos sensíveis aos sulfitos (Popolim, 2004).

Os resultados obtidos em bancada apontam para uma proposição de um modelo de remediação física do metabissulfito de sódio, em uma ação combinada de temperatura e aeração forçada, que resulta como produto

final o sulfato de sódio, composto inócuo no que diz respeito ao seu impacto ao meio biótico. A conformidade ambiental relativa a afirmação anterior encontra respaldo nos termos da Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação de corpos d'água, bem como estabelece as condições e padrões para lançamento de efluentes (CONAMA, 2005).

Realizou-se o trabalho de bancada em um reator isotérmico nos moldes descritos na seção 4.2, subseção *Reator*, do presente relatório, utilizando-se para tal a temperatura de referencia de 60°C. Estes parâmetros são consistentes com o rendimento esperado em um sistema de circulação em batelada do efluente aquecido por energia solar em circuito fechado, aerado. Limitou-se o experimento a esta temperatura, como forma de se estabelecer uma proposta de equipamento cujo rendimento seja obtido em todo o território nacional, e em qualquer época do ano.

Como controle dos parâmetros de processo, foram utilizados os métodos de determinação de Sulfito $4500\text{-SO}_3\text{ B}^{-2}$ — Método Iodométrico, e $4500\text{-SO}_4\text{ B}^{-2}$ para determinação de Sulfato — Método Turbidimétrico (APHA, AWWA, WEF, 1995), ambos validados pela USEPA.

5.2 Proposta de estratégia de gestão ambiental construída nos ditames da produção mais limpa, baseada em estudo de caso descrito no capítulo anterior

Como citado no capítulo introdutório deste trabalho, em face da carência de textos acadêmicos focados na P+L neste segmento do agronegócio, discutiu-se este tópico tendo como referencia a metodologia difundida pela United Nations Environment Programme, focada no cluster do pescado (UNEP, 2007).

Oportunidades de P+L em fazenda de cultivo de camarões — Aspectos gerais

O cultivo de camarões em viveiros é uma atividade que consome uma grande quantidade de água, constituindo-se a sua descarga de efluentes um aporte de significativa quantidade de matéria orgânica com pequena incidência de substâncias potencialmente nocivas (Valenti, 2002). Em face desta realidade, deve-se focar a discussão na redução do consumo de recursos e do volume e carga orgânica do efluente descartado.

Esta afirmativa encontra respaldo no fato de que a grande parte das oportunidades de produção mais limpa derivam das boas práticas de limpeza (*housekeeping*) postas em prática na organização, dos procedimentos de trabalho, regimes de manutenção, e manipulação de recursos.

Medidas de ordem geral

Muitas das medidas de melhoria de P+L que correspondem a benefícios ambientais derivam de ações simples de melhoria do processo produtivo. A seguir propõe-se um *checklist* de procedimentos como forma de materializar esta ação:

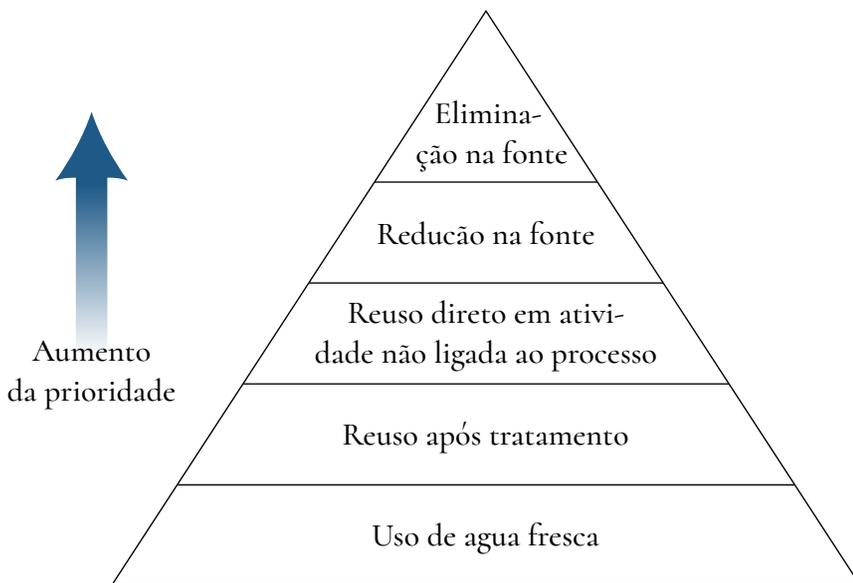
- Mantenha as áreas de trabalho limpas como forma de prevenir acidentes;
- Mantenha um permanente controle de estoque das matérias-primas utilizadas neste modelo produtivo;
- Se assegure que os colaboradores da organização estão sensibilizados com o ganho ambiental a ser auferido pelo processo de mudança;
- Treine os colaboradores em boas práticas de limpeza;
- Agende as atividades de manutenção em um regime regular como forma de se minimizar as operações de *set-up*, e o *lead time* do sistema produtivo;
- Otimize e padronize equipamentos, regulando-os para cada turno de trabalho;

- Identifique visualmente cada válvula como forma de reduzir o risco de operações incorretas no processo produtivo por colaboradores inexperientes;
- Melhore as operações de *set-up* e desativação do sistema produtivo;
- Segregue perdas para reuso e reciclagem;
- Instalar sistemas de captação de bandejas como forma de captar eventuais derramamentos de produtos.

Consumo de água

Água é o insumo principal em fazendas de cultivo de camarões, sendo natural que sejam direcionados esforços para a redução do seu consumo. Wan Alwi *et al.* (2007) apontam que o seu uso deve preservar uma hierarquia de gerenciamento, como pode ser inferido através da Figura 5.5 a seguir disposta.

Figura 5.5: A hierarquia do gerenciamento da água



Observa-se a partir da análise da Figura 5.5 anteriormente disposta o alinhamento da hierarquia do uso da água com os pressupostos de P+L de reduzir, reusar, e reciclar o insumo foco deste tópico.

O primeiro passo para operacionalizar esta ação é investigar o perfil de sua utilização instalando medidores de vazão em busca do estabelecimento de séries históricas de consumo, inclusive levando em consideração as peculiaridades sazonais (índice pluviométrico, médias de temperaturas no período).

Com base nestas informações, o gerenciamento do uso deste recurso poderá ser discutido em bases mais sólidas passíveis de uma discussão estratégica.

O próximo passo é identificar as diversas operações no processo produtivo passíveis de utilização deste insumo. Resfriamento de bombas, compressores, lavagem de setores de apoio à atividade produtiva são típicos focos de desperdício. Para estes equipamentos a instalação de dispositivos automáticos tais como sensores, *timers*, solenóides, e termostatos pode contribuir na redução de desperdícios (Maxime; Marcotte; Arcand, 2006).

Uma vez identificadas as não-conformidades, deve-se estabelecer o mínimo consumo necessário para a referida operação, e iniciar o processo de acompanhamento do seu uso racional. Para tal o controle gerencial através de planilhas especialmente formatadas para sua investigação contribui para a sistematização do processo.

Após o estabelecimento dos padrões otimizados de consumo de água, deve-se passar a discutir suas oportunidades de reuso. Efluentes que não são contaminados de forma significativa devem ser utilizados em outras áreas. Resfriamentos de bombas e compressores podem ser coletados e utilizados em irrigação de áreas verdes e em usos sanitários (Jegatheesan *et al.*, 2007).

Deve ser ainda levado em conta que os eventuais reusos de efluentes não podem de forma alguma comprometer a qualidade do produto, a higiene dos seus processos produtivos, bem como a interação com os seus colaboradores (Luken; Navratil, 2004).

A seguir, elenca-se um *checklist* de medidas relativas à economia de água:

- Instale dispositivos que restringem o controle do fluxo de água para os processos de limpeza manual;
- Use alta pressão ao invés de alto volume para a limpeza de superfícies;
- Reuse as águas de despejo relativamente limpas para outras aplicações;
- Use ar comprimido ao invés de água, onde apropriado;
- Instale medidores nos equipamentos de grande consumo de água para monitoramento;
- Use circuito fechado para os sistemas de resfriamento;
- Umedeça pisos e equipamentos para desincrustar a sujeira antes da limpeza final;
- Recircule a água usada nos processos não-críticos.

Efluente

Os esforços de P+L em fazendas de cultivo de camarões devem ser direcionados na redução da carga orgânica do efluente. O volume gerado também é um importante aspecto, e está intimamente ligado com o consumo de água.

O significativo volume de efluente incentiva a discussão em torno da viabilização de alternativas do seu reuso.

Entende-se relevante promover a utilização de lagoa de decantação como forma de regular o teor de sólidos em suspensão, possibilitando a alternativa do seu reuso (Anjos dos Santos *et al.*, 2006).

A seguir se dispõe um *checklist* de ideias genéricas para a redução da carga de efluente:

- Segregue os materiais sólidos para uso em subprodutos, ao invés de incorporá-los no fluxo de efluente;
- Insira grades e telas no sistema de captação de efluente como forma de prevenir a entrada de resíduos sólidos;

- Use técnicas de limpeza a seco sempre que possível, raspando os equipamentos antes da limpeza, pré-limpando-os com pistolas de ar comprimido e limpando os derramamentos no piso com rodos.

Energia elétrica

O modelo produtivo em discussão utiliza quase que exclusivamente a energia elétrica nos seus equipamentos (bombas, compressores, filtros). Energia térmica pode eventualmente ser usada principalmente nos processos de limpeza e sanitização.

Energia é uma das áreas onde a metodologia de P+L pode ser usada na sua essência com bons resultados e baixo nível de investimento. Instalação de *timers*, substituição de variadores eletromagnéticos e chaves de partida direta por conversores de frequência, representam algumas iniciativas de baixo custo que podem representar um menor custo de manutenção e consumo de energia elétrica pela empresa.

Outra iniciativa merecedora de discussão diz respeito a opção tarifária contratada. A adoção de uma alternativa horossazonal pode representar uma efetiva economia, bastando para tal a mudança de algumas práticas produtivas no que tange ao aspecto gerencial (Peterson; Wadhwa; Harris, 2001).

Iniciativas adicionais no sentido de mudança da matriz energética do modelo produtivo podem ser discutidas a seguir, mas cabe a ressalva de que esta iniciativa só se justificaria em empresas detentoras de escala de produção maior, em face do investimento significativo de adoção da alternativa.

A seguir se propõe um *checklist* de ações para economia de energia na empresa:

- Implemente programas de desligamento e instale sensores de desligamento para luzes e equipamentos que não se encontram em uso;
- Implante sistemas de isolamento nos dutos de aquecimento e resfriamento e nos intercambiadores de calor;
- Priorize a escolha de equipamentos mais eficientes;

- Melhore a manutenção para otimizar o uso eficiente dos equipamentos;
- Otimize os sistemas de combustão dos sistemas geradores de vapor e água quente;
- Elimine as perdas de vapor;
- Pratique o reaproveitamento energético, para o seu reuso no processo.

Oportunidades de P+L nas fases do processo produtivo — Protocolo para implementação

Manutenção e preparação do viveiro

Após o término de cada cultivo, torna-se necessário a realização da manutenção dos viveiros de engorda, que consiste basicamente na limpeza e revolvimento do fundo, com objetivo de promover a aeração do solo e oxidação da matéria orgânica, retirando-se os concentrados poluidores, bem como a execução de reparos em taludes e no sistema de abastecimento. Concluída esta etapa, inicia-se a preparação do viveiro para um novo povoamento, processando-se a assepsia, calagem, quando necessário, fertilização orgânica, abastecimento dos viveiros e fertilização química.

Figura 5.6: Fluxograma de manutenção e preparação do viveiro

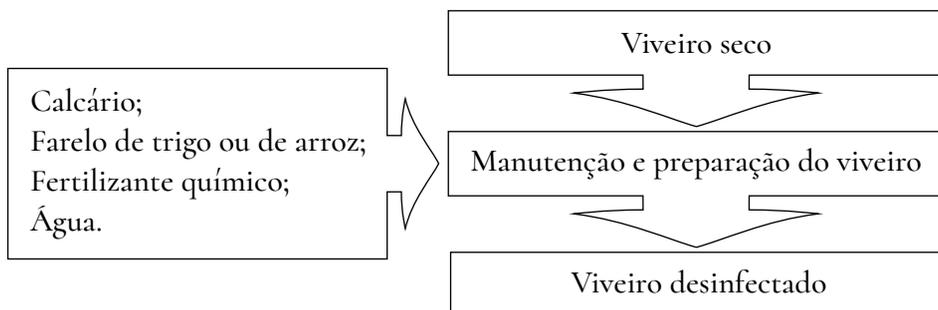


Tabela 5.1: Entradas e saídas do processo de manutenção e preparação do viveiro

Entradas	Saídas
Calcário (500 a 1.500 kg/ha)	Nesta fase do processo não ocorrem saídas
Farelo de trigo ou de arroz (100 a 150 kg/ha)	
Fertilizante químico (60 kg/ha)	
Água (7 a 18 mil m ³)	
Energia elétrica (33,5 a 37,3 kWh)	
Virucida	

Considerações ambientais Nesta fase do processo por ser de caráter preparatório não são eliminados efluentes.

Oportunidades de P+L A dosagem correta de calcário e demais produtos é de fundamental importância na qualidade do efluente gerado nos processos subsequentes. Assim recomenda-se um controle apurado do pH do solo.

Povoamento e engorda

O povoamento do viveiro é efetuado com pós-larvas provenientes de laboratórios comerciais.

Para o manejo alimentar, são dois os tipos de alimentos utilizados: alimento natural e complemento nutricional. O alimento natural é principalmente composto por pequenos organismos existentes no fundo do viveiro, cujo incremento populacional é incentivado a partir da técnica de fertilização (USP-FZEA, 2006a).

Como complemento alimentar utiliza-se rações comerciais, balanceadas de acordo com as necessidades nutricionais do camarão, para cada fase do seu ciclo de vida (USP-FZEA, 2006b).

Considerações ambientais Nesta fase, igualmente à anterior, não se implementa descarte de efluente. A quantidade de carga orgânica adicionada ao viveiro sob a forma de ração e suplementos orgânicos deve ser controlada para evitar a eutrofização do mesmo (Figueiredo *et al.*, 2005). Para

Figura 5.7: Fluxograma do povoamento e engorda em viveiro

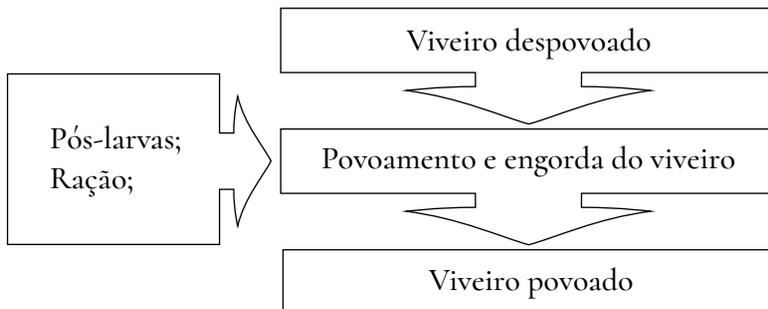


Tabela 5.2: Entradas e saídas do processo de povoamento e engorda do viveiro

Entradas	Saídas
10 a 40 pós-larvas/m ² 1,3 a 1,8 ton. ração/ton. camarão Energia elétrica	Nesta fase do processo não ocorrem saídas

melhor controle e ajuste destas quantidades, recomenda-se a utilização de telas submersas, espalhadas no viveiro, em forma de comedouros-bandejas, que são muito eficientes para visualização diária de sobras de alimento. Salienta-se nesta fase a importância do controle de temperatura do viveiro.

Oportunidades de P+L O controle e manejo alimentar nesta fase do processo representa a principal variável a ser considerada. Alimentação em excesso no viveiro pode contribuir para a eutrofização do sistema, recomendando-se a suspensão do arraçoamento em evidências de aumento da turvação (Figueiredo *et al.*, 2005). O controle de água de reposição deve ser objeto de avaliação permanente.

Entende-se relevante nesta fase do processo produtivo o estabelecimento de um rígido acompanhamento das variações de temperaturas do meio biótico. Reduções significativas deste parâmetro promovem diminuição da atividade metabólica do camarão, suscitando a ação de redução da oferta alimentar no viveiro.

Despesca

O termo despesca é utilizado, na aquicultura, para definir a operação de retirada do organismo cultivado do viveiro quando este atinge o tamanho e peso comerciais (USP-FZEA, 2006c). O processo normalmente é de responsabilidade do comprador, que assim torna-se responsável pela sua operacionalização e controle, sendo esta uma das fases mais vulneráveis do processo produtivo, sob o ponto de vista ambiental.

Figura 5.8: Fluxograma da despesca do viveiro

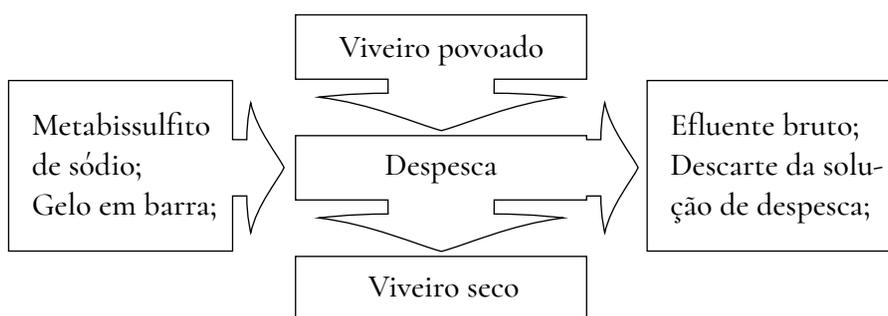


Tabela 5.3: Entradas e saídas do processo de despesca do viveiro

Entradas	Saídas
Solução de metabissulfito de sódio a 60 g/l (2000 l)	Solução de Metabissulfito de sódio a 25 g/l (2000 l) Efluente do descarte do viveiro (7 a 18 mil m ³)

Considerações ambientais Cabe neste contexto caracterizar os dois efluentes originados nesta fase do processo produtivo:

O efluente originado do esvaziamento do viveiro tem como característica um grande volume físico, alta carga de matéria orgânica, com baixa toxidez (Figueiredo *et al.*, 2005). Este aporte representa um potencial desequilíbrio ao meio biótico existente no entorno do empreendimento, em

face do descarte ao meio ambiente representar a alternativa atualmente utilizada de manejo.

No processo de coleta do pescado, denominado despesca, é empregada uma solução salina cujo principal constituinte nocivo é o metabissulfito de sódio. Este contaminante se apresenta em concentração variável em torno de 6% em peso, em face da ausência de metodologia de preparação das soluções e dos seus banhos de reforço. O metabissulfito de sódio é utilizado como desaerante, antioxidante, e conservante alimentar na carcinicultura. Devido a sua toxidez, seu descarte *in natura* representa um importante passivo ambiental a ser mitigado (Atkinson *et al.*, 1993). A deposição deste resíduo sem tratamento no solo contribui para a sua salinização, e quando descartado no meio aquático compromete a fauna existente no ecossistema do entorno ao empreendimento.

Oportunidades de P+L Entende-se como prioritárias ações no sentido de adequar o padrão dos efluentes deste sistema produtivo, não apenas à legislação vigente, mas também aos ditames da responsabilidade corporativa, inserindo-os nos princípios da P+L.

O descarte do conteúdo do viveiro, caracterizado pela baixa toxicidade e elevada carga orgânica, pode ser operacionalizado através de tratamento em lagoas de decantação, com o objetivo da redução de sólidos dissolvidos, possibilitando o seu reuso.

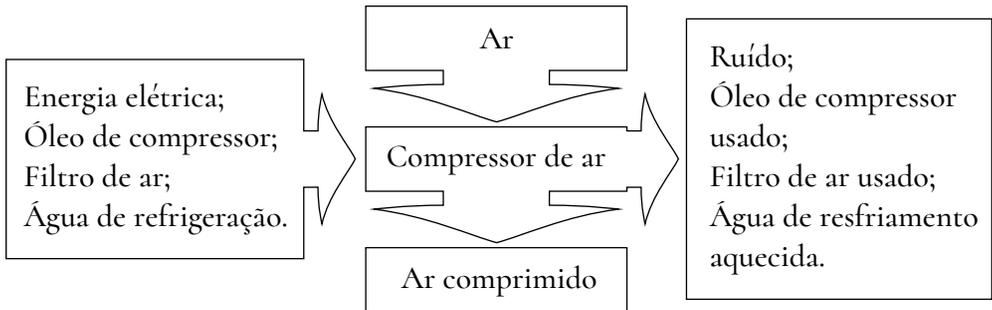
O efluente da despesca, caracterizado pela concentração significativa de metabissulfito de sódio contaminante de reconhecida toxidez, tem baixo volume, o que possibilita um tratamento específico para sua eliminação.

Sugere-se para sua eliminação um sistema de remediação físico-química, com o objetivo de oxidar os sulfitos a sulfato de sódio, produto inócuo em termos ambientais, cuja remediação foi proposta na primeira seção deste capítulo.

Suprimento de ar comprimido (operação acessória)

O ar é comprimido em um compressor e distribuído por toda a unidade produtiva em tubos pressurizados. Normalmente, o compressor é acionado por energia elétrica, e arrefecido com água ou ar.

Figura 5.9: Fluxograma das entradas e saídas para o processo de geração de ar comprimido



Pequenos vazamentos no sistema de ar comprimido e seus dispositivos (tubos, válvulas etc), podem gerar significativas perdas no sistema. Isto resulta em desperdício de eletricidade, porque o compressor passa a ser acionado por um período maior, como forma de suprir as perdas. A Tabela 5.4 a seguir disposta estima as perdas de consumo elétrico causadas por fugas no sistema de ar comprimido.

Tabela 5.4: Perdas de energia elétrica estimada a partir de um compressor com pressão de trabalho de 6 bar

Diâmetro do orifício (mm)	Perdas de ar (l/s)	kWh/dia	MWh/ano
1	1	6	3
3	19	74	27
5	27	199	73

Os compressores de ar são normalmente muito barulhentos, causando sérios riscos de saúde ocupacional, no que diz respeito a audição dos colaboradores que interagem com este posto de trabalho. Se o compressor do ar é resfriado água, seu consumo pode ser bastante elevado.

É muito importante verificar a estanqueidade do sistema de ar comprimido com frequência. O melhor método consiste em identificar as perdas de carga durante períodos que não existe produção. As operações de

manutenção rotineiras tais como a substituição do óleo de lubrificação do sistema podem servir como oportunidade de identificação de vazamentos

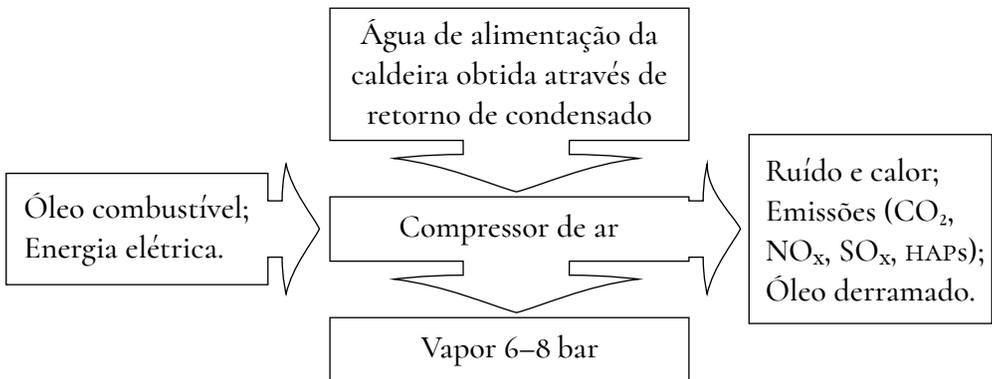
Uma grande quantidade de energia pode ser economizada através dessas medidas simples. O custo para a implantação de procedimentos que assegurem a estanqueidade do sistema de ar comprimido justifica a sua implementação

O consumo de água arrefecimento deve ser controlado de forma indireta pela instalação de sensores de temperatura, dispositivos que garantem a otimização do seu consumo e a eficiência da operação. Adicionalmente a água de resfriamento pode ser obtida através da recirculação em uma torre de refrigeração, e alternativamente ser utilizada para outras finalidades tais como a limpeza, e em outros processos em que os requisitos de higiene são baixos.

Produção de vapor (operação acessória)

O vapor é produzido em geradores de vapor, comumente denominados caldeiras e distribuído pela planta fazendo-se uso de uma rede de tubos isolados. Após a troca de calor, o condensado é devolvido para um tanque, de recirculação e volta para o equipamento como água de alimentação ao invés de ser descartada do processo.

Figura 5.10: Fluxograma das entradas e saídas para o processo de geração de vapor



A quantidade e a pressão do vapor produzido depende do tamanho da caldeira e bem como o tipo de combustível injetado na câmara de combustão. Outros parâmetros incluem pressão de trabalho, tipo de combustível, além dos cuidados de manutenção e operação do equipamento.

Considerações ambientais As falhas na operação do sistema de produção de vapor e vazamentos ocasionam desperdício de combustível, e consequentemente aumento dos custos operacionais.

A utilização de óleo combustível resulta na emissão de dióxido de carbono, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP). Alguns óleos combustíveis podem conter 3–5% de enxofre, e sua combustão incompleta resultar na emissão de consideráveis quantidades de dióxido de enxofre.

O dióxido de enxofre na atmosfera se converte em ácido sulfúrico, resultando na formação de chuva ácida. Óxidos de nitrogênio podem contribuir para a formação de uma fumaça poluente denominada *smog* e causar irritação nos pulmões.

Se o sistema de combustão não estiver ajustado corretamente, e se a razão ar/combustível for demasiado baixa, ocorrerão elevadas de emissões de fuligem dos queimadores, além do fato de que estas emissões regularmente contém os HAP, que são cancerígenos.

A Tabela 5.5 mostra as emissões produzidas a partir da queima de diversos combustíveis para produzir vapor.

Tabela 5.5: Emissões de combustão de óleo combustível

Entradas	Saídas
Óleo combustível (1% de enxofre) (1 kg)	Consumo de energia elétrica (11,5 kWh)
	Dióxido de carbono (3,5 kg)
	Óxidos de nitrogênio (0,01 kg)
	Dióxido de enxofre (0,01 kg)

Verifica-se de forma frequente derramamentos de combustíveis nos sistemas de armazenamento e na caldeira. Se estes resíduos não forem ade-

quadramente coletados para reuso, podem causar sérios comprometimentos sob a forma de poluição do solo e da água.

Oportunidades de P+L Recomenda-se a priorização do uso de combustível com baixo teor de enxofre. Este procedimento aumenta a eficiência da caldeira, sua vida útil, além de reduzir o teor de emissões de dióxido de enxofre. No que tange a investimentos, não há aumento de custos envolvido nesta mudança, porém os custos operacionais serão mais elevados, pois trata-se de um combustível mais caro.

Entende-se essencial evitar derramamentos de combustíveis líquidos, porém caso venham a ocorrer, entende-se prioritário limpar corretamente o ambiente produtivo e se promover ações visando a sua reutilização ou venda para uma utilização de terceiros.

Crê-se relevante o estabelecimento de um padrão de procedimentos para movimentação de combustíveis, além da proposição de um plano de contingência ao derramamento do insumo.

Se o gerador de vapor é antigo, a opção pela aquisição de um novo equipamento deve ser analisada. A mudança do óleo combustível para o gás natural, deve também ser considerada, em face de tratar-se de um energético cuja combustão gera um baixo volume de resíduos. Em alguns queimadores é possível instalar um atomizador, e por meio deste incremento tecnológico aumentar a eficiência da combustão.

Perdas de vapor devem ser eliminadas prontamente quando identificadas. Mesmo pequenos vazamentos podem causar desperdícios significativos de vapor e consequentemente de combustível e dinheiro.

O isolamento de superfícies quentes é uma forma barata e eficaz de reduzir o consumo de energia. Equipamentos como válvulas, flanges, reatores, tanques, autoclaves, e conexões, muitas vezes tem o seu isolamento negligenciado. Através da correta isolação destes dispositivos e equipamentos, as perdas de calor podem ser reduzidas consideravelmente.

Se o vapor condensado de algumas áreas não for devolvido à caldeira, verifica-se um desperdício de energia e água. Sistemas de retorno condensado devem ser instalados como forma de reduzir perdas energéticas.

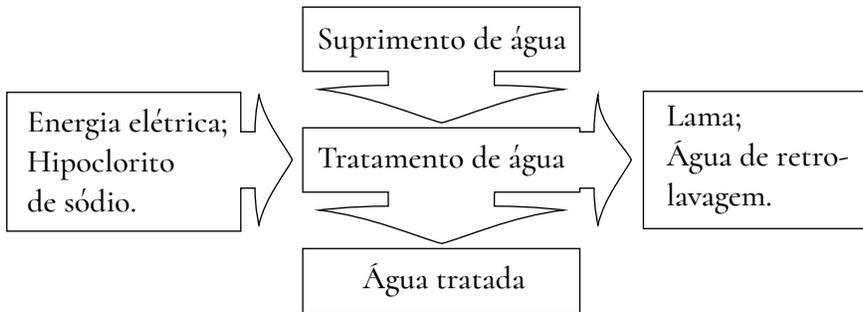
A eficiência das caldeiras depende de como elas são operadas. Se a relação ar/combustível for deficiente o sistema de queima se revelará in-

eficiente, causando mais poluição e maior consumo de combustível. O correto funcionamento dos sistemas de produção de vapor pressupõe formação adequada dos trabalhadores e permanente manutenção do sistema de combustão.

Suprimento de água (operação acessória)

A boa qualidade do suprimento de água pode não demandar tratamento antes da utilização na planta. No entanto, se a água disponível é de má qualidade pode ser necessário tratá-la para o cumprimento dos requisitos de higiene. O tratamento normalmente consiste de aeração e filtração através de areia e cascalho, ou eventualmente cloração.

Figura 5.11: Fluxograma das entradas e saídas para o tratamento de água



Considerações ambientais A água é um recurso valioso, portanto seu uso deve ser minimizado sempre que possível. Uma vez que a energia elétrica é necessária para bombear água, o seu consumo também aumenta com o aumento do consumo da água.

As perdas que ocorrem devido a vazamentos de tubulações tendem a ser significativos. Como forma de exemplificar, a Tabela 5.6 (na página seguinte) mostra a relação entre o tamanho de um orifício em uma tubulação e a perda de água.

Oportunidades de P+L Para garantir o consumo de água racional, o mesmo deve ser monitorado em uma base regular. É útil para tal instalar hidrômet-

Tabela 5.6: Perdas de água por vazamentos a uma pressão de 4,5 bar

Diâmetro do orifício (mm)	Perda de água (m ³ /dia)	Perda de água (m ³ /ano)
0,5	0,4	140
1	1,2	430
2	3,7	1300
4	18	6400
6	47	17000

ros para os diversos departamentos e mesmo para processos individuais ou setores específicos de equipamentos. Estas ações podem se fazer necessárias em face dos consumos dos processos específicos e suas expectativas de economia. Estimam-se reduções do consumo significativas deste insumo através de uma efetiva ação de sensibilização junto aos colaboradores da organização.

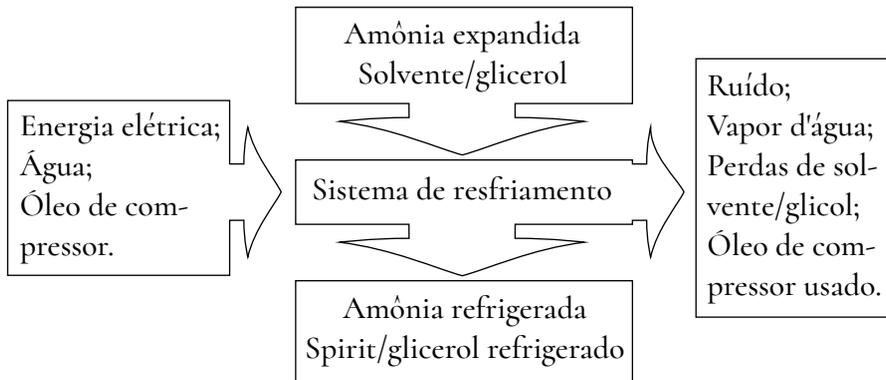
Sistemas de acionamento para as operações de bombeamento de elevado patamar tecnológico devem ser instalados como forma de reduzir a energia demandada para esta operação. Para tal elenca-se como principal medida a instalação de dispositivos de partida inteligente baseados em conversores de frequência, capazes de reduzir a demanda contratada na conta de energia elétrica da empresa.

Sistemas de refrigeração (operação acessória)

Nos sistemas de refrigeração um fluido refrigerante (normalmente a amônia ou um clorofluorocarbono), é comprimido, e sua subsequente expansão é utilizada para refrigerar um sistema de arrefecimento em circuito fechado. O refrigerante pode agir como um fluido primário, ou alternativamente, pode ser usado indiretamente por um fluido secundário, principalmente quando o processo demanda cuidados com a contaminação do item a ser refrigerado.

Todos os sistemas de refrigeração devem ser concebidos em circuito fechado e livre de vazamentos. No entanto, devido ao desgaste e a manutenção inadequada, podem ocorrer vazamentos.

Figura 5.12: Fluxograma das entradas e saídas para o sistema de refrigeração



Considerações ambientais O consumo de energia elétrica e de água pode ser bastante elevado. Se forem utilizados fluidos refrigerantes com base em CFC, há o risco vazamento de gases refrigerantes para a atmosfera, contribuindo assim para a rarefação da camada de ozônio. Há também risco da ocorrência de vazamentos de amônia e glicol que podem revestir-se em um dano à saúde ocupacional aos colaboradores da organização, além de um problema ambiental.

Os refrigerantes baseados em CFCs devem ser substituídos por um gás refrigerante com menor impacto ambiental, clorofluorocarbonos hidrogenados (HCFC) ou, de preferência, por amônia, salientando-se os riscos ocupacionais inerentes a utilização deste produto. A longo prazo, tanto os CFC como os HCFC, devem ser substituídos por outro gás refrigerante, de acordo com o Protocolo de Montreal, sendo a sua substituição uma ação planejada, em face ao fato de que esta embutido um custo de aquisição e instalação de um novo equipamento.

Uma forma adicional de se reduzir o consumo de energia diz respeito a minimização do ingresso de calor em salas refrigeradas. Isso pode ser logrado pela instalação de isolantes em ambientes e tubulações, além da adoção de boas práticas no que tange ao fechamento de portas e janelas, além de sistemas de cerração automático às câmaras de refrigeração.

Se os consumos de água e energia elétrica e refrigeração tendem a se tornar elevados a partir de uma análise de série histórica, deve-se investigar

a ocorrência de algas nos tubos evaporadores. Outra razão pode ser pelo fato de que os sistemas de ventilação forçada estão acionados a uma velocidade muito alta, despejando água fora do sistema de refrigeração. Otimizar o funcionamento da torre de refrigeração pode economizar uma significativa quantidade de água.

Resultados

Os resultados a seguir dispostos referem-se a aplicação do protocolo proposto neste instrumento dissertativo, estudo de caso implementado no período compreendido entre abril e setembro de 2007. Neste período foram acompanhadas 36 bateladas, apresentando-se a Tabela 5.7, a seguir disposta a consolidação da média dos seus resultados.

Tabela 5.7: Emissões de combustão de óleo combustível

Item	Custo (US\$)	Consumo original	Consumo após aplicação da metodologia	Redução	Economia por batelada (US\$)
Água (m ³)	0,00	15.000,00	12.450,00	17%	0,00
Calcáreo (kg)	0,08	1.250,00	1.000,00	20%	18,84
Energia elétrica (kWh)	33,41	37,30	30,96	17%	211,85
Farelo (kg)	2,11	150,00	110,00	27%	84,27
Fertilizante químico (kg)	0,46	60,00	50,00	17%	4,61
Metabissulfito de sódio (kg)	12,42	100,00	80,00	20%	248,40
Ração (kg)	3,60	4.500,00	4.150,00	8%	1.260,00
Virucida (kg)	365,40	5,00	4,80	4%	73,08
Total					1.901,05

Discussão

Com base nos resultados dispostos na Tabela 5.7, anteriormente disposta, afirma-se:

- O controle dos insumos alimentares propiciou uma economia substancial no aporte de alimentos administrados no viveiro. Projeta-se uma economia adicional para os meses mais frios, onde a taxa metabólica dos animais se reduz de forma evidente;
- Em relação a dosagem de metabissulfito de sódio, observou-se uma redução de 20% na administração do produto, obtida apenas pelo controle gerencial dos banhos de reforço;
- Os demais insumos empregados no processo produtivo apresentaram reduções significativas, consolidando o conceito de redução do insumo na fonte, pressuposto básico da adoção desta metodologia;
- Em face ao fato de que a água, insumo de utilização em maior quantidade ser captado diretamente da bacia fluvio-estuarina, não foi apropriada de forma direta o seu valor financeiro, que pode ser inferido de forma indireta via custo da energia elétrica, principal fonte de consumo, pelo processo de bombeamento.

Capítulo 6

Conclusão

A seguir discorre-se a respeito das conclusões relativas a partir da discussão foco da presente tese, além de apontar limitações ao trabalho, bem como sugere direcionamento para estudos posteriores relativos a temática em curso.

6.1 A validação da hipótese

Como forma de resgatar o objeto do estudo da presente tese retoma-se as hipóteses formuladas como norteadoras desta pesquisa:

- Existe um método de base físico-química simples, passível de ser empregado em fazendas de cultivo de camarões com baixo patamar tecnológico nos seus processos, e recursos escassos para a sua implementação, capaz de atenuar o passivo ambiental do aporte *in natura* do metabissulfito de sódio utilizado na carcinicultura no processo de despesca?
- É viável o estabelecimento de uma estratégia de conformidade ambiental a ser proposta a este segmento do agronegócio, baseada na metodologia denominada produção mais limpa?

O relato disposto no capítulo anterior nos permite inferir as seguintes conclusões:

- O metabissulfito de sódio, principal contaminante da carcinicultura pode ser eliminado através de um mecanismo de circulação de banho aquecido a uma temperatura em torno de 60°C;
- A aeração forçada tem um fator preponderante na cinética da reação, contribuindo para que o tempo de residência da mesma não exceda 10 horas;
- Os resultados dos testes de bancada corroboram para a validação da hipótese do instrumento dissertativo em curso — a proposição de um instrumento de operacionalização simples, a ser utilizado com o objetivo da redução dos impactos ambientais referentes à utilização do metabissulfito de sódio no segmento da carcinicultura;
- O subproduto da reação o sulfato de sódio tem um impacto reconhecidamente pequeno ao meio biótico, afirmativa que encontra respaldo nos termos da resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.
- Conforme preconizado nos princípios da P+L, as soluções para as não conformidades propostas são simples, comumente demandando baixos custo e patamar tecnológico para a sua implementação;
- Como as soluções a serem adotadas demandam um apurado controle gerencial, a estrutura de recursos humanos da empresa necessita de treinamento nesta técnica, de forma a criar um ambiente coeso e motivado para implantação deste modelo de gerenciamento ambiental na empresa;
- A redução de carga orgânica do efluente do viveiro no processo de despesca via controle das dosagens de insumos, representa além de uma racionalização de custos produtivos a alternativa mais correta dentro dos princípios da P+L;
- O metabissulfito utilizado no processo de despesca do camarão por seu importante passivo ambiental justifica a adoção de um sistema de remediação físico-química, conforme proposto pelo trabalho;

- A sistematização de um método de atenuação da concentração deste contaminante poderá evoluir para a sua adoção como um mecanismo qualificador para o licenciamento ambiental desta atividade agropecuária.

6.2 Limitações do trabalho

A discussão em torno de uma temática ambiental aplicando-se a metodologia de estudo de caso apresenta algumas limitações, que não prejudicam a essência da formatação do modelo proposto, a destacar:

O controle do investigador sobre o seu objeto de pesquisa é reduzido, visto que o mesmo imerge no seu objeto de estudo. As condições de ambiente não controlado forçam ao investigador a alterar o seu plano de coleta de dados em face de situações não previstas.

Como em certos aspectos a coleta e a interpretação dos dados ocorrem ao mesmo tempo, o processo investigativo toma forma através de evidências convergentes e inferências, afetando com este componente subjetivo os enfoques cartesianos adotados para a formatação do instrumento dissertativo.

Por fim citando Yin (2002), a abordagem empírica característica do estudo de caso não diminui o mérito do processo investigativo, pois além do uso de técnicas quantitativas como ferramenta de suporte à tomada de decisão, o que se busca é a obtenção de um modelo e não a inferência sobre populações e situações específicas.

6.3 Direcionamento para pesquisas futuras

A Gestão ambiental na carcinicultura constitui-se em uma temática recente, o que pode ser evidenciada pela parca quantidade de referências acadêmicas relevantes ao tema disponíveis na literatura especializada nacional e internacional. Não obstante ao alcance dos objetivos propostos, a atualidade e a relevância do tema sugerem o seu aprofundamento. Neste sentido sugere-se as seguintes recomendações:

Para o meio acadêmico

- O estudo dos impactos ambientais do *cluster* produtivo da carcinicultura representa uma temática relevante e atual, cujas interferências ambientais afetam o ecossistema no entorno do empreendimento produtivo. Neste sentido, entende-se relevante o aprofundamento da discussão;
- Entende-se relevante a partir dos resultados dispostos neste instrumento dissertativo ampliar a discussão com vistas a construção de um protótipo, como forma de validar os resultados de bancada, e assim disponibilizar a sociedade um sistema de remediação físico-química dos impactos inerentes ao uso do metabissulfito de sódio neste segmento do agronegócio;
- A formatação de uma estratégia de gestão ambiental para regular as atividades da carcinicultura baseado na metodologia de produção mais limpa pode ser replicado na sua concepção para uma larga margem de atividades produtivas ainda não contempladas com uma discussão específica, justificando-se assim sua adoção e difusão.

Para o cluster produtivo da carcinicultura

- A adoção do modelo proposto bem como do aperfeiçoamento do mesmo pela sua aplicação em escala real junto ao segmento traduz-se em melhorias progressivas, tal como preconizado pelos princípios norteadores da P+L, e em um efetivo instrumento de competitividade empresarial para o segmento.

Ao Poder Público

- Adoção de uma estratégia de gestão ambiental focado no cluster produtivo da carcinicultura traduz-se em um efetivo instrumento de conformidade a ser disponibilizado a este segmento do agronegócio, neste sentido propõe-se a adoção deste modelo como qualificador ao licenciamento ambiental da atividade.

A proposição do reator

- O reator concebido para a investigação de bancada revela-se uma alternativa de baixo custo, passível de ser desenvolvida, notadamente para utilização em situações onde se fizer necessária a manipulação de substâncias corrosivas. Neste sentido, sugere-se a determinação formal dos parâmetros de trabalho do mesmo.

Referências

- ACKERMAN, R.; BAUER, R. *Corporate social responsiveness: the modern dilemma*. New York: Reston, 1976.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Interface com os setores usuários*. Disponível em <http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/UsosMultiplos/setoresusuarios.asp>. Acesso em 28 ago. 2007.
- ALBUQUERQUE, L. F. *Estudo da oxidação do metabissulfito de sódio contido no efluente da carnicultura*. 2005, 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) — Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- AMBIENTEBRASIL. *Água*. Disponível em http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/doce/recursos_hidricos.html#agua. Acesso em 28 ago. 2007.
- ANDREAZZI, M. A. R.; MILWARD-DE-ANDRADE, R. *Impactos das grandes barragens na saúde da população — uma proposta de abordagem metodológica para a Amazônia*. In: Forest' 90, Simpósio Internacional de Estudos Ambientais em Florestas Tropicais Úmidas, Manaus. Anais. Rio de Janeiro: Biosfera, 1990.
- ANIBARRO, B. et al. *Asthma with sulfite intolerance in children: a blocking study with cyanocobalamin*. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, v. 90, n. 1, p. 103–109, 1992.
- ANJOS DOS SANTOS et al. *Características dos ecossistemas estuarinos Brasileiros e as atividades antrópicas*. Disponível em http://www.prex.ufc.br/formularios/Meio_Ambiente_2006/ECOSSISTEMAS%20ESTUARINOS%20BRASILEIROS.pdf. Acesso em 5 nov. 2007.
- APHA; AWWA; WEF. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 20 ed. Washington: American Public Health Association, 1995.
- ARANA, L. V. *Aquicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura Brasileira*. Florianópolis: UFSC, 1999.

- ARRUDA, M. G. C. *Carcinicultura e ambiente: as transformações recentes no Município de Acaraú*. Disponível em http://www.mestradogeografia.ufc.br/relacaodeprojetosturma%202005/Projeto_acarau%20maira.doc. Acesso em 29 ago. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). *Evolução da Produção Mundial de Aqüicultura e Pesca Extrativa em Volume (1995–2005)*. 2007a. Disponível em <http://www.abccam.com.br/estat-in.htm#>. Acesso em 1 set. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). *Principais produtores mundiais de aqüicultura em volume (2004–2005)*. 2007b. Disponível em <http://www.abccam.com.br/estat-in.htm#>. Acesso em 1 set 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). *Principais países produtores de camarão cultivado em 2005*. 2007c. Disponível em <http://www.abccam.com.br/estat-in.htm#>. Acesso em 1 set. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). *Estatísticas nacionais*. 2007d. Disponível em <http://www.abccam.com.br/estat-in.htm#>. Acesso em 3 set. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). *Estatísticas nacionais*. 2007e. Disponível em <http://www.abccam.com.br/>. Acesso em 28 ago. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14001 *Sistemas de gestão ambiental: especificações e diretrizes para uso*. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14004 *Sistemas de gestão ambiental: diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio*. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- ATKINSON *et al.* *Sodium metabisulfite and SO₂ release: an underrecognized hazard among shrimp fishermen*. *Annals of Allergy*, v. 71, p. 563–566, 1993.
- BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO EXTREMO SUL (BRDE). *Cultivo do camarão em Santa Catarina*. Disponível em http://www.google.com.br/url?sa=t&ct=res&cd=1&url=http%3A%2F%2Fwww.brde.com.br%2Festudos_e_publicacoes%2FCultivo%2520do%2520Camar%25C3%25A3%2520em%2520Santa%2520Catarina.pdf&ei=oc7WRvUqKobMecyE5eEM&usq=AFQjCNHJr8eWjoUIPTR3O_SB7hsJqR4Tn7A&sig2=FDrAKgPek4vTgtx53f_pRg. Acesso em 30 ago. 2007.
- BARBER, J. Mapping the movement to achieve sustainable production and consumption in North America. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 6, p. 499–512, 2007. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.05.010>.
- BARNABÉ, G. *Aquaculture*, v. 1. Inglaterra: Ellis Horwood, 1990, p. 65.
- BASF. *Sodium Metabisulfite, Grades*. Basf Technical Leaflet, 1999.
- BERKEL, R. VAN. F. *Cleaner Production in Developing Countries: Example Results and Experiences from India and China*. University of Amsterdam, 1995

- BKH CONSULTING ENGINEERS. *Policies and policy instruments to promote cleaner production*. Recommendations for Colombia. Delft, 1996. In: Política Nacional de Producción más Limpia (1997) *apud* Nascimento, Lemos e Mello (2002, CD-ROM de Produção Mais Limpa).
- BRASIL — MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Panorama regional da carcinicultura*. Disponível em <http://www.terraamar.org.br/oktiva.net/anexo/13454>. Acesso em 30 agosto 2007.
- LEI N. 9.433, DE 08 JAN. 1997. Disponível em <http://www.ana.gov.br/Legislacao/default.asp>. Acesso em 28 ago. 2007.
- BRASIL — MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. *Norma regulamentadora n. 15 — Atividades e operações insalubres*. Disponível em http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf. Acesso: 17 set. 2007.
- BRASIL — MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n. 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares — definições, classificação e emprego. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 28 de outubro de 1997.
- BRASIL — MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n. 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares — definições, classificação e emprego. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 28 de outubro de 1997.
- BURROUGHS, L. F. Dissociable products formed with sulphur dioxide in wine in food: safety panel sulphur dioxide in foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 32, n. 11, p. 1140–1144, 1981.
- CANEPÀ, E. *A produção mais limpa no RS*. Porto Alegre, CIENTEC, 1997.
- CAPRA, F. *O Ponto de mutação*. São Paulo: Pensamento-Cultrix, 1996.
- CARROLL, A. Ethical challenges for business in the new millennium: Corporate social responsibility and models of management morality. *Business Ethics Quarterly*, v. 10, n. 1, p. 33–42, 2000.
- CARSON, R. *Silent spring*. Nova York: Mariner Books, 2002.
- CHRISTIE, I.; ROLFE, H; LEGARD, R. *Cleaner Production in Industry: Integrating business goals and environmental management*. Londres: PSI-Policy Studies Institute, 1995.
- CINTRA, I. H. A. *et al.* Decomposition of trimethylamine oxide related to the use of sulfites in shrimp. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 19, n. 3, p. 314–317, 1999.
- CLAUDIO, C. F. B. R. Implicações da Avaliação de Impactos Ambientais. *Revista Ambiente*, v. 1, n. 3, p. 159–162, 1987.
- COELHO JUNIOR, C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. S. Considerações teóricas e práticas sobre o impacto da carcinicultura nos ecossistemas costeiros, com ênfase no ecossistema de manguezal. In: Conferência Internacional Mangrove: Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas, *Anais...* Recife: UFRPE, 2003.

- COHEN, M. J. Ecological modernization and its discontents: The American environmental movement's resistance to an innovation-driven future. *Futures*, v. 38, n. 5, p. 1–20, 2005.
- CONAMA. *Resolução n. 357, de 17 de março de 2005*. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 20 fev. 2007.
- CONGRESSO SUL-AMERICANO DE AQUICULTURA, 1, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 10, SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE CULTIVO DE CAMARÕES, 5. Recife, 1998. Anais. p. 199–206.
- CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL — CEBDS. *Responsabilidade Corporativa*. Disponível em <http://www.cebds.org.br/cebds/noticias.asp?ID=132&area=6>. Acesso em 4 abr. 2006.
- CORREIA FILHO, J.; CANEJO, M. A ecologia sob controle. *Panorama Rural*, São Paulo, v. 4, n. 57, p. 69–74, 2003.
- DAVIS, M. M. *Fundamentos da Administração da Produção*. São Paulo: Bookman, 2000.
- DIAS, E. G. C. S. *Avaliação de Impacto Ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento*. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- DONAIRE, E. *Gestão ambiental na empresa*. São Paulo: Atlas, 1995.
- ECOLABELS. Disponível em <http://www.shef.ac.uk/departments/admin/environment/sustainableprocurement/eco-labels.html>. Acesso em 13 out. 2005.
- EDWARDS, M. C. *et al.* Isolated sulfite oxidase deficiency: review of two cases in one family. *Ophthalmology*, v. 106, n. 10, p. 1957–1961, 1999.
- ELKINGTON, J.; BURKE, T. *The green capitalists*. London: Gallancz, 1989.
- ELKINGTON, J.; BURKE, T. *Profits from cleaner production: a self-help tool for small to medium-sized business*. Version 1: August 2000.
- FANCHI, J. R. *Energy: Technology and directions for the future*. Roskilde: Elsevier, 2004.
- FAZIO, T.; WARNER, C. R. A review of sulfites in food: analytical methodology and reported findings. *Food Add Contam*, v. 7, n. 4, p. 433–454, 1990.
- FIGUEIREDO, M. C. B. *et al.* *Impactos ambientais do lançamento de efluentes da carcinicultura em águas interiores*. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522005000200011&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em 5 nov. 2007.
- FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO — FAPESP. *Em busca dos créditos de carbono*. Disponível em http://www.agencia.fapesp.br/boletim_dentro.php?id=4916. Acesso em 4 abr. 2006.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1996.

- GLOBAL AQUACULTURE ALLIANCE. *Codes of Practice for Responsible Shrimp Farming*. Disponível em www.gaalliance.org/code.html. Acesso em 13 fev. 2003.
- GORE, A. *Uma verdade inconveniente*. Barueri: Menole, 2006.
- GRAY, R. Rise of the ethical agency. *Campaign*, v. 14, n. 7, p. 33, 2006.
- GUNNISON, A. *et al.* 1987. Distribution, metabolism and toxicity of inhaled sulfur dioxide and endogenously generated sulfite in the respiratory tract of normal and sulfite oxidase-deficient rats. *J Toxicol Environ Health*, v. 21, n. 1–2, p. 141–162, 1987.
- ILES, A. Making the seafood industry more sustainable: creating production chain transparency and accountability. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 6, p. 577–589, 2007.
- INSTITUTO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE — IDEMA. *Subsídios para a elaboração de norma do ZEE dos estuários do Rio Grande do Norte*. Disponível em http://www.mp.rn.gov.br/caops/caopma/zee/ZEE_estuarios.pdf. Acesso em 16 abr. 2005.
- IYENGAR, R.; MCEVILY, A. J. Anti-browning agents: alternatives to the use of sulfites in foods. *Trends in Food Science & Technology*, v. 3, p. 60–64, 1992.
- JEGATHEESAN, V. *et al.* Technological advances in aquaculture farms for minimal effluent discharge to oceans. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 16, p. 1535–1544, 2007.
- JORNAL DO COMÉRCIO. *EUA baixam sobretaxa do camarão*. Disponível em <http://www.aquaid.com.br/news.php?recid=5236>. Acesso em 3 set. 2007.
- KISKER, C. *et al.* Molecular basis of sulfite oxidase deficiency from the structure of sulfite oxidase. *Cell*, v. 91, n. 7, p. 973–983, 1997.
- KUBITZA, F. *Qualidade da água no cultivo de peixes*
- LAURILA, E. *et al.* The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharvest News and Information*, v. 9, n. 4, p. 53–66, 1998.
- LECLERCQ, C. *et al.* Dietary intake exposure to sulphites in Italy: analytical determination of sulphite-containing foods and their combination into standard meals for adults and children. *Food Additives and Contaminants*, v. 17, n. 12, p. 979–989, 2000.
- LEMONS, A. D. C.; NASCIMENTO, L. F. Cleaner Technologies and the Competitiveness. *In* INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT OF TECHNOLOGY, 7, 1998, Orlando, EUA. Resumos e CD-ROM. Orlando: IAMOT, 1998.
- LIMA, I. M. *et al.* Produção mais limpa em fazenda de produção de camarões: uma proposta de protocolo para a implementação da metodologia. *In* CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 3. *Anais*. Niterói, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.
- LIMA, I. M. *Estratégia pública de gestão ambiental: Uma contribuição para a realização de eventos públicos*, 2003, 117f. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção).

Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

- LIMA, I. M.; FREITAS, I. P. *Meio ambiente e desenvolvimento sustentável*. Natal: UNP, 2005.
- LISBOA FILHO, W.; CARLINI JÚNIOR, R. F. A carcinicultura na região nordeste: Uma promissora alternativa de diversificação econômica. *Cadernos da FACECA*, Campinas, v. 13, n. 1, p. 65–78, 2004
- LÜCK, E.; JAGER, M. Sulfur Dioxide, Chapter 12. In: *Antimicrobial Food Additives: characteristics, uses, effects*. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1997.
- LUKEN, R. A.; NAVRATIL, J. A programmatic review of UNIDO/UNEP national cleaner production centers. *Journal of Cleaner Production*, v. 12, n. 3, p. 195–205, 2004.
- MAXIME, M.; MARCOTTE, M.; ARCAND, Y. Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 6–7, p. 636–648, 2006.
- MEIRELES, A. J. A. *Riscos sócio-ambientais ao longo da zona costeira*. Disponível em http://www.reacao.com.br/programa_sbpc57ra/sbpccontrole/textos/antoniomeireles.htm. Acesso em 17 dez. 2007.
- MELO JÚNIOR, G. *Poluição por metais pesados em sedimentos de fundo do estuário do rio Curimataú, litoral sudeste do Rio Grande do Norte*. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 18, Recife, 2000. *Resumos...* Recife, SBG — Núcleo Nordeste, 2001.
- MELO JÚNIOR, G. Procedência dos metais pesados do Curimataú. *Diário de Natal*. Natal, 2001.
- MOFFAT, A.; AUER, A. Corporate Environmental Innovation (CEI): a government initiative to support corporate sustainability leadership. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 6–7, p. 589–600, 2005.
- MORAES, L. E. O. *A Cooperação na cadeia produtiva de maricultura do estado de São Paulo*. 2005, 165f. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção. São Paulo, Brasil.
- MOREIRA, I. V. D. *Avaliação de Impacto Ambiental — AIA*. Rio de Janeiro: FEEMA, 1985.
- NEVES, S. R. A. Projeto: Reuso da água no processo de adaptação do camarão marinho, *Litopenaeus vannamei*, à água doce em tanques berçários. In: Pesquisas dão suporte ao desenvolvimento da carcinicultura no Ceará. *Pesquisas Funcap, Revista de Ciência e Tecnologia*, n. 3, p. 17–21, 2002.
- NEW, M. B.; SINGHOLKA, S. Freshwater prawn farming: a manual for the culture os *Macrobrachium rosenbergii*. FAO FISHERY TECHNICAL, v. 225, n. 1, p. 118, 1984.

- NEW, M. B. History and global status of freshwater prawn farming. In: NICKELSON R. B. *Stop black spot*. Marine Advisory Bull, 1977.
- NICKELSON, R. B. *Stop black spot*. Marine Advisory Bull, 1977.
- NORTH, K. *Environmental business management*. Genebra: ILO, 1992.
- OHLWEILER, O. A. *Química Inorgânica*. São Paulo/Brasília: Edgard Blücher/INL, 1973.
- OUGH, C. S. Determination of sulfur dioxide in grapes and wines. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, v. 69, n. 1, p. 5-7, 1986.
- PERAZZOLO, L. M. *Estudo do sistema imune do camarão marinho penaeus paulensis, com ênfase no sistema prófenoxidase*. 1994. Dissertação (Mestrado) — Centro de Ciências Agrárias, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.
- PERONI, D. G.; BONER, A. L. Sulfite sensitivity. *Clinical and Experimental Allergy*, v. 25, n. 8, p. 680-681, 1995.
- PETERSON, E. L.; WADHWA, L. C.; HARRIS, J. A. Arrangement of aerators in an intensive shrimp growout pond having a rectangular shape. *Aquacultural Engineering*, v. 25, n. 1, p. 51-65, 2001.
- PILLAY, Z. T. V. R. *Aquaculture and the environment*. Nova York: Wiley & sons, Inc., 1992, p. 189.
- POPOLIM, W. D. *Estimativa da ingestão de sulfitos por escolares pela análise qualitativa da dieta*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2004.
- QUEIROZ, S. M. P. Procedimentos referentes à apresentação, análise e parecer formal de EIAS/RIMAS. In: SEMINÁRIO SOBRE AVALIAÇÃO E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL, *Anais*. Curitiba: FUPEF/UFPR, 1990.
- RIBERA, D. *et al.* Absence of adverse effects of sodium metabisulphite in manufactured biscuits: results of subacute (28-days) and subchronic (85-days) feeding studies in rats. *Food Additives and Contaminants*, v. 18, n. 2, p. 103-114, 2001.
- ROCHA, I. P.; MAIA, E. P. Desenvolvimento tecnológico e perspectivas de crescimento da carcinicultura marinha brasileira. In: AQUACULTURA BRASIL, 1998, Recife. *Anais...* Recife: [s.n.], v. 1, p. 213-235, 1998.
- ROCHA, I. *O desafio da carcinicultura Brasileira*. Revista da ABCC, ano 5, n.1, p.30-45, 2003a.
- ROCHA, I. P. *Impactos sócio-econômicos e ambientais da carcinicultura Brasileira: mitos e verdades*. Disponível em <http://www.abccam.com.br/down.htm>. Acesso em 2 set. 2007.
- SARMENTO, M; DURÃO, D; DUARTE, M. Analysis of companies' environmental strategies for a green society. *Energy*, v. 31, n. 13, p. 2333-2340, 2006.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL — SENAI. *A indústria ecoeficiente: Reduzindo, reutilizando, reciclando*. São Paulo: SENAI, 2000.

- SILVA, E. *Avaliação de Impactos Ambientais no Brasil*. Viçosa: SIF, 1994a.
- SILVA, E. *Avaliação qualitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil*. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994b.
- SILVA, R. R. Considerações sobre o uso e o mal uso de sais de sulfito em crustáceos. In: SEMINÁRIO SOBRE CONTROLE DE QUALIDADE NA INDÚSTRIA DE PESCADO, 1988, Santos. *Anais...* Santos: Loyola, 1988, p. 244–259.
- SKINNER, C. W. Manufacturing: the missing link in corporate strategy. *Harvard Business Review*, v. 47, n. 3, p.136–145, 1969.
- SLACK, N. *Vantagem competitiva em manufatura*. São Paulo: Atlas, 2002.
- SORENSEN, B. *Renewable energy*. 3. ed. Roskilde: Elsevier, 2004.
- TAVARES, L. H. S.. *Limnologia Aplicada à Aqüicultura*. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 79p. (Boletim técnico da CAUNES n. 1)
- TAYLOR, S. L. et al. Sulfites in foods: uses, analytical methods, residues, fate, exposure, assessment, metabolism, toxicity, and hypersensitivity. *Advances in Food Research*, v. 30, p. 1–76, 1986.
- TELES FILHO, P. D'A. *Asma Brônquica: asma por sulfitos*. 2003. Disponível na www.asma-bronquica.com.br/pierre/14asma_sulfitos.htm.
- UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION — UNIDO. *Cleaner production toolkit: Introduction into cleaner production*, v. 1, 2001.
- UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION/UNITED STATES ENVIRONMENT PROGRAMME — UNIDO/UNEP. *Manual de avaliação de P+L*. Traduzido por CNTL/SENAI. Porto Alegre, 1995.
- UNITED STATES ENVIRONMENT PROGRAMME — UNEP. *Cleaner Production Assessment in Fish Processing*. Disponível em <http://www.agrifood-forum.net/publications/guide/fishguide.zip>. Acesso em 17 out. 2007.
- UNITED STATES ENVIRONMENT PROGRAMME — UNEP. *Cleaner production worldwide*, v. 2. França, 1995, p. 1.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY — USEPA. *Principles of pollution prevention and cleaner production: an international training course*. Versão da China, 1998.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY — USEPA. *Principles of pollution prevention and cleaner production*. Facilitator's manual. 1988.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO — FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS — USP-FZEA. *Camarões: sistema de cultivo*. 2006a. Disponível em <http://www.criareplantar.com.br/aquicultura/camarao/zootecnia.php?tipoConteudo=texto&idConteudo=613>. Acesso em 17 abr. 2006.

- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO — FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS — USP-FZEA. *Camarões: manejo alimentar*. 2006b. Disponível em <http://www.criareplantar.com.br/aquicultura/camarao/zootecnia.php?tipoConteudo=texto&idConteudo=625>. Acesso em 17 abr. 2006.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO — FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS — USP-FZEA. *Camarões: despescas*. 2006c. Disponível em <http://www.criareplantar.com.br/aquicultura/camarao/zootecnia.php?tipoConteudo=texto&idConteudo=629>. Acesso em 18 abr. 2006.
- USSEGLO-TOMASSET, L. Properties and use of sulphur dioxide. *Food Additives and Contaminants*, v. 9, n. 5, p. 399–404, 1992.
- VALENÇA, A. R.; MENDES, G. N. Importância da composição iônica da água oligohalina e “doce” no cultivo de *Litopenaeus vannamei*. *Panorama da aquicultura*. Rio de Janeiro, v. 14, n. 86, 2004.
- VALENTI, W. C. Carcinicultura de água doce no Brasil: mitos, realidade e perspectivas. In: VALENÇA A. R.; MENDES G. N. *Panorama da aquicultura*, 85 ed. 2004.
- VALENTI, W. C. Criação de camarões de água doce. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 12, Vila Real, Portugal, 2002. *Anais...* Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos, 2002, p. 229-237.
- VALENTI, W. C. (Ed.) *Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford: Blackwell Science, p. 1–11.
- VANWYK, B.; VANWYK, P. *Field Guide to Trees of Southern Africa*. Cidade do Cabo: Struik Publishers, 1997.
- VINATEA, L. A. *Aquicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura brasileira*. Florianópolis: UFSC, 1999.
- WAINBERG, A. A.; CAMARA, M. R. Brazilian shrimp farming. It's growing, but is it sustainable? *World Aquaculture*, v. 21, n. 1, p. 29-30, 1998.
- WAN ALWI, S. R. A holistic framework for design of cost-effective minimum water utilization network. *Journal of Environmental Management*, v. 88, n. 2, p. 219–252, 2008.
- WARNER, C. R. *et al.* Sulfites: an important food safety issue. *Food Testing & Analysis*, ago./set. 2000. Disponível em <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/jssulfite.html>. Acesso em 17 jun. 2004.
- WEDZICHA, B. L. Chemistry of sulphiting agents in food. *Food Additives and Contaminants*, v. 9, n. 5, p. 449–459, 1992.
- WÜTHRICH, B. *et al.* Disulfite-induced acute intermittent urticaria with vasculitis. *Dermatology*, v. 187, n. 4, p. 290-292, 1993.

YANG, W. H.; PURCHASE, E. C. R. Adverse reactions to sulfites. *Canadian Medical Association Journal*, v. 133, n. 1, p. 865-867, 1985.

YIN, R. K. *Case Study Research: Design and Methods*. Washington, DC: Cosmos Corporation, 2002.

Anexos

Figura 5.1 (sulfito)

Tempo (h)	Ens. 1	Ens. 2	Ens. 3	Ens. 4	Ens. 5	Ens. 6	Média
0	24,80	24,80	24,80	24,80	24,80	24,60	24,77
1,5	24,40	24,20	23,80	24,60	24,20	24,20	24,23
3	23,80	23,40	23,60	23,90	23,80	23,80	23,72
4,5	23,80	23,60	23,60	23,40	23,80	23,80	23,67
6	23,60	23,60	23,80	23,40	23,20	23,80	23,57
7,5	23,60	23,60	23,80	23,40	24,20	24,00	23,77
9	23,60	23,80	23,40	23,60	23,60	23,80	23,63
24	23,40	23,40	23,20	23,60	23,20	23,40	23,37

Figura 5.1 (sulfato)

Tempo (h)	Ens. 1	Ens. 2	Ens. 3	Ens. 4	Ens. 5	Ens. 6	Média
0	0,48	0,46	0,44	0,48	0,44	0,44	0,46
1,5	0,74	0,72	0,74	0,76	0,74	0,72	0,74
3	1,22	1,22	1,28	1,26	1,28	1,14	1,23
4,5	1,24	1,28	1,26	1,26	1,16	1,28	1,25
6	1,60	2,40	2,20	1,80	2,20	1,80	2,00
7,5	2,00	2,20	2,40	2,20	2,40	2,40	2,27
9	2,40	2,60	2,40	2,40	2,60	2,40	2,47
24	2,60	2,60	2,60	2,40	2,60	2,40	2,53

Figura 5.2 (sulfito)

Tempo (h)	Ens. 1	Ens. 2	Ens. 3	Ens. 4	Ens. 5	Ens. 6	Média
0	27,25	27,21	27,26	27,26	27,18	27,21	27,23
1,5	26,70	26,50	26,80	25,80	26,80	27,90	26,75
3	25,70	25,40	25,20	25,80	26,40	26,00	25,75
4,5	24,75	24,40	24,80	24,60	25,25	24,70	24,75
6	22,20	22,40	22,20	22,20	22,25	22,26	22,25
7,5	21,80	21,80	22,00	22,40	22,30	22,60	22,15
9	21,40	22,40	22,20	21,20	22,20	22,60	22,00
24	21,50	21,80	21,70	21,80	21,80	21,90	21,75

Figura 5.2 (sulfato)

Tempo (h)	Ens. 1	Ens. 2	Ens. 3	Ens. 4	Ens. 5	Ens. 6	Média
0	1,26	1,26	1,22	1,21	1,22	1,23	1,23
1,5	1,52	1,48	1,48	1,48	1,56	1,46	1,50
3	1,70	1,76	1,74	1,82	1,78	1,72	1,75
4,5	2,24	2,26	2,28	2,24	2,26	2,24	2,25
6	3,40	3,20	3,00	2,80	3,20	2,40	3,00
7,5	3,40	3,80	2,20	4,40	3,80	4,20	3,63
9	3,80	4,40	4,00	4,00	4,00	3,80	4,00
24	4,40	4,00	4,00	4,60	4,40	3,80	4,20

Figura 5.3 (sulfito)

Tempo (h)	Ens. 1	Ens. 2	Ens. 3	Ens. 4	Ens. 5	Ens. 6	Média
0	28,60	27,80	28,20	28,60	27,80	28,20	28,20
1,5	19,60	20,40	19,80	19,80	19,40	19,80	19,80
3	13,40	13,40	13,80	13,60	13,80	13,00	13,50
4,5	11,80	11,20	11,40	11,60	11,40	11,60	11,50
6	8,40	7,80	8,00	8,20	8,20	7,40	8,00
7,5	5,80	6,20	6,20	6,40	5,60	5,80	6,00
9	5,00	5,20	5,40	4,80	5,00	5,80	5,20
24	4,10	4,60	4,40	4,20	4,20	4,00	4,25

Figura 5.3 (sulfato)

Tempo (h)	Ens. 1	Ens. 2	Ens. 3	Ens. 4	Ens. 5	Ens. 6	Média
0	13,40	13,00	13,60	12,80	12,80	13,20	13,13
1,5	15,80	16,20	16,00	16,00	15,80	16,20	16,00
3	20,00	20,20	20,20	19,80	20,00	19,80	20,00
4,5	22,00	22,80	25,60	25,40	24,20	24,00	24,00
6	24,80	25,40	25,00	25,00	25,20	24,60	25,00
7,5	25,80	26,20	26,40	26,20	25,00	26,40	26,00
9	25,20	25,60	26,40	26,40	26,20	26,20	26,00
24	25,60	26,20	25,40	26,40	26,60	25,80	26,00

Figura 5.4 (sulfito)

Tempo (h)	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	24
Ensaio 1	35,20	25,50	10,20	1,20	0,20	0,20	0,00	0,00
Ensaio 2	35,00	25,30	10,40	1,40	0,16	0,18	0,00	0,00
Ensaio 3	34,80	25,60	10,00	1,30	0,18	0,19	0,00	0,00
Ensaio 4	34,60	25,60	10,30	1,00	0,22	0,17	0,00	0,00
Ensaio 5	35,40	25,40	10,40	1,10	0,22	0,21	0,00	0,00
Ensaio 6	35,40	25,70	10,40	1,10	0,23	0,21	0,00	0,00
Ensaio 7	35,40	25,40	10,50	1,30	0,24	0,20	0,00	0,00
Ensaio 8	34,80	25,50	10,30	1,20	0,19	0,20	0,00	0,00
Ensaio 9	35,00	25,50	9,80	1,20	0,18	0,22	0,00	0,00
Ensaio 10	35,40	25,60	9,80	1,40	0,20	0,23	0,00	0,00
Ensaio 11	35,20	25,70	9,90	1,40	0,20	0,20	0,00	0,00
Ensaio 12	35,40	25,80	9,90	1,20	0,24	0,23	0,00	0,00
Ensaio 13	35,20	25,20	9,90	1,20	0,19	0,19	0,00	0,00
Ensaio 14	35,00	25,60	10,10	1,10	0,18	0,21	0,00	0,00
Ensaio 15	35,20	25,40	10,10	1,10	0,22	0,18	0,00	0,00
Ensaio 16	35,40	25,30	10,10	1,20	0,17	0,20	0,00	0,00
Ensaio 17	35,20	25,5	10,30	1,40	0,19	0,21	0,00	0,00
Ensaio 18	35,20	25,30	10,30	1,30	0,21	0,20	0,00	0,00
Ensaio 19	35,2	25,70	10,20	1,20	0,21	0,22	0,00	0,00
Ensaio 20	34,80	25,40	10,40	1,30	0,22	0,21	0,00	0,00
Ensaio 21	35,00	25,40	10,40	1,10	0,18	0,19	0,00	0,00
Ensaio 22	35,00	25,50	10,40	1,20	0,19	0,18	0,00	0,00
Ensaio 23	35,20	25,50	10,30	1,30	0,22	0,17	0,00	0,00
Ensaio 24	35,20	25,30	10,10	1,40	0,20	0,20	0,00	0,00
Ensaio 25	35,20	25,60	10,00	1,10	0,20	0,21	0,00	0,00
Ensaio 26	35,40	25,50	9,90	1,00	0,18	0,20	0,00	0,00
Ensaio 27	35,40	25,40	10,20	1,10	0,19	0,19	0,00	0,00
Ensaio 28	35,20	25,60	9,80	1,10	0,21	0,19	0,00	0,00
Ensaio 29	35,00	25,50	10,00	1,20	0,20	0,19	0,00	0,00
Média	35,15	25,49	10,15	1,21	0,20	0,20	0,00	0,00
Desvio padrão	0,22	0,15	0,22	0,12	0,02	0,02	0,00	0,00
Variância	0,05	0,02	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

Figura 5.4 (sulfato)

Tempo (h)	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	24
Ensaio 1	17,50	24,50	40,00	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 2	17,40	24,70	39,80	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 3	17,20	24,80	40,20	48,00	48,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 4	17,80	24,40	40,20	48,00	49,00	50,00	50,00	50,00
Ensaio 5	17,90	24,20	40,10	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 6	17,50	24,60	40,00	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 7	17,50	24,20	40,00	48,00	49,00	49,00	49,00	50,00
Ensaio 8	17,50	24,20	39,60	49,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 9	17,30	24,60	39,70	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 10	17,60	24,60	39,90	48,00	49,00	49,00	50,00	49,00
Ensaio 11	17,70	24,60	40,40	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 12	17,30	25,20	40,20	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 13	17,50	24,90	40,10	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 14	17,50	24,20	39,90	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 15	17,50	24,40	39,80	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 16	17,30	24,60	39,70	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 17	17,60	24,20	40,10	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 18	17,80	24,40	40,20	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 19	17,40	24,60	40,20	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 20	17,40	24,40	39,70	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 21	17,50	24,50	39,80	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 22	17,60	24,40	39,80	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 23	17,60	24,50	40,00	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 24	17,50	24,60	40,00	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 25	17,60	24,60	40,20	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 26	17,30	24,40	39,80	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 27	17,40	24,40	39,80	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 28	17,50	24,60	39,80	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Ensaio 29	17,60	24,40	39,80	48,00	49,00	49,00	50,00	50,00
Média	17,51	24,51	39,96	48,03	48,97	49,03	49,97	49,97
Desvio padrão	0,16	0,22	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Variância	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03



Editora Biblioteca Occidente
LIBRUM LUX MUNDI