

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DO VINHOTO
CONCENTRADO COMO FERTILIZANTE**

CRISTINE LISBÔA DO NASCIMENTO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
AGOSTO 2003**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DO VINHOTO
CONCENTRADO COMO FERTILIZANTE**

CRISTINE LISBÔA DO NASCIMENTO

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção de título de Mestre em Ciências de Engenharia, na área de concentração de Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Renato de Campos

Co-orientadora: Maria Eugênia R. de Sena P. Borges

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
AGOSTO 2003

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DO VINHOTO
CONCENTRADO COMO FERTILIZANTE**

CRISTINE LISBÔA DO NASCIMENTO

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção de título de Mestre em Ciências de Engenharia, na área de concentração de Engenharia de Produção.

Aprovada em 22 de agosto de 2003.

Comissão Examinadora:

Prof. Niraldo José Ponciano, D. Sc. - UENF

Prof. Paulo Marcelo de Souza, D. Sc. – UENF

Prof. Hamilton Jorge de Azevedo, D. Sc. – UFRRJ

Prof. Renato de Campos, D. Sc. – UENF
Orientador

Dedico este trabalho aos meus pais
Geraldo e Maria Helena, aos meus irmãos
Carlos Maurício e Rodrigo, ao meu
esposo Guilherme e ao meu filho Pedro.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e coragem;

À UENF, pela oportunidade;

À FAPERJ, pela concessão de bolsa de estudo;

Aos professores membros da Comissão Examinadora Nivaldo José Ponciano, Paulo Marcelo de Souza e Hamilton Jorge de Azevedo, pelas sugestões que contribuíram para aprimorar este trabalho;

À professora Maria Eugênia Sena, pela co-orientação, organização e amizade;

Ao professor Renato de Campos, pela orientação, confiança e pelo apoio nos momentos mais críticos, fundamentais na concretização deste trabalho;

Aos professores do LEPROD e do LAMAV, que participaram da minha formação acadêmica;

Aos colegas de Mestrado, pela convivência e em especial ao Carlos Eduardo Varejão Marinho, pela amizade dedicada;

Aos funcionários e ex-funcionários do CCT, pela importante contribuição através de suas atividades;

Aos colegas e ex-colegas de trabalho, que perceberam a importância desta etapa para a minha formação e me apoiaram;

Ao meu pai, pelo incentivo para continuar meus estudos;

A minha mãe, que sempre esteve pronta para tomar conta do Pedro, para que eu pudesse me dedicar às atividades ligadas ao Mestrado;

Ao Guilherme, por me incentivar nos momentos de desânimo, pelo carinho, pelo respeito e acima de tudo, por ter abdicado de tanto por minha causa;

Ao Pedro, que com seu sorriso ou travessuras, ajudava-me, dando-me força para continuar lutando;

E a todos que não foram mencionados aqui, mas que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
	i
LISTA DE FIGURAS	vii
	i
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O vinhoto	3
1.2 O Problema	4
1.3 Objetivo	6
1.4 Estrutura da Dissertação	7
2 O VINHOTO E SEU TRATAMENTO	9
2.1 A indústria sucroalcooleira.....	9
2.2 Fertilizantes orgânicos	12
2.3 O vinhoto e seus insumos	12
2.3.1 Aplicações do vinhoto	13
2.3.2 Aspectos negativos do vinhoto	14
2.3.3 Composição do vinhoto	15
2.3.4 Distribuição do vinhoto	18
2.4 Processo de separação com membranas	19
2.4.1 Membranas	19
2.4.2 Osmose Inversa	20
3 AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE E METODOLOGIA UTILIZADA	25
3.1 Método do Valor Presente Líquido	26
3.2 Método da Taxa Interna de Retorno (TIR)	27
3.3 Método da Razão Benefício/Custo	28
3.4 Análise de Sensibilidade	31
3.5 Simulação de Monte Carlo	32
3.6 Metodologia utilizada	34
4 RESULTADOS	37

.....	
4.1	Avaliação inicial do projeto 37
4.1.1	Considerações sobre a taxa de desconto 41
4.2	Análise de Sensibilidade 42
4.3	Simulação de Monte Carlo 44
4.4	Cálculo do número de unidades de Osmose Inversa 46
4.4.1	Produção de álcool na maior usina 46
4.4.2	Produção de álcool na menor usina 47
4.4.3	Produção de vinhoto 47
4.4.4	Dimensionamento do sistema de tratamento 48
	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS 50
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52
.....	
	ANEXO I – METODOLOGIA DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO 56
	ANEXO II – PROJETO DE CONCENTRAÇÃO DE VINHOTO: FLUXO DE CAIXA E SIMULAÇÃO PARA VARIÁVEIS PROBABILÍSTICAS COM CORRESPONDENTE VPL 59
	ANEXO III – PRODUÇÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO NF 65
	ANEXO IV – DADOS DE FORNECEDORES 69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Demanda de água dos diversos setores industriais de São Paulo ...	5
Tabela 2.1	Produção de álcool do Estado do Rio de Janeiro	12
Tabela 2.2	Comparação entre valor nutricional do vinhoto e fertilizante comercial	16
Tabela 2.3	Composição média e amplitude de variação dos elementos constituintes do vinhoto proveniente de diferentes tipos de mosto na região de Campos – RJ	17
Tabela 2.4	Teores médios e amplitude de variação dos elementos analisados nos três tipos de vinhoto na região de Campos – RJ	17
Tabela 2.5	Consumo energético de processos de concentração de vinhoto	22
Tabela 4.1	Itens de custo decorrentes da implantação e operação do projeto de concentração do vinhoto	39
Tabela 4.2	Determinação do preço do vinhoto concentrado em função de sua composição química	40
Tabela 4.3	Itens de receita anual devido à operação do projeto de concentração do vinhoto	40
Tabela 4.4	Fluxos líquidos anuais para obtenção de vinhoto concentrado	41
Tabela 4.5	Variação do Valor Presente Líquido do projeto em função da mudança na taxa de desconto	42
Tabela 4.6	Análise de Sensibilidade do projeto	43
Tabela 4.7	Distribuição das variáveis probabilísticas do projeto de concentração de vinhoto	44
Tabela 4.8	Valores de VPL mediante simulação das variáveis relevantes do projeto	45
Tabela 4.9	Demonstrativo do nº de unidades para a concentração de vinhoto ..	48
Tabela I.1	Distribuição das variáveis probabilísticas do projeto	56
Tabela I.2	Simulação dos itens relevantes do projeto	58
Tabela II.1	Fluxo de Caixa para projeto de concentração do vinhoto	60
Tabela II.2	Valores simulados para as variáveis probabilísticas e determinação do VPL	62
Tabela III.1	Relatório de Acompanhamento – Posição comparada em 31/08 – Safras 2000/2001 e 2001/2002	66
Tabela III.2	Relatório de Acompanhamento – Posição comparada em 15/10 – Safras 2000/2001 e 2001/2002	67
Tabela III.3	Relatório de Acompanhamento – Posição comparada em 31/01 – Safras 2000/2001 e 2001/2002	68
Tabela IV.1	Tarifas Médias por Classe de Consumo	72
Tabela IV.2	Valor comercial de fertilizantes	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Produção anual de álcool nas safras de 1980/1981 a 2000/2001	10
Figura 2.2	Curvas de custos de adubação e aplicação de vinhoto	18
Figura 2.3	Remoção de água do vinhoto por unidade de energia consumida ...	22
Figura 3.1	Fluxograma para o processo de Simulação de Monte Carlo	33
Figura 3.2	Representação gráfica do fluxo de caixa do projeto	34
Figura 3.3	Fluxograma com a metodologia do trabalho	36
Figura 4.1	Variação de VPL mediante a Análise de Sensibilidade do projeto ...	44

Resumo de Dissertação apresentada ao CCT/UENF como parte das exigências para obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.) de Engenharia (área de Engenharia de Produção).

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DO VINHOTO CONCENTRADO COMO FERTILIZANTE

Cristine Lisbôa do Nascimento

22 de Agosto de 2003

Orientador: Prof. Renato de Campos, D.Sc.

Co-orientadora: Prof^a. Maria Eugênia R. de Sena P. Borges, D.Sc.

Nas últimas décadas cresceu a conscientização quanto à necessidade de tratar adequadamente os resíduos industriais, que podem gerar insumos para outros processos produtivos. A tecnologia de Osmose Inversa apresenta baixo consumo energético em relação a outros processos de concentração e o vinhoto concentrado pode ser utilizado como fertilizante, com a vantagem de minimizar os custos com o seu transporte. Este trabalho tem o objetivo de avaliar economicamente o processo de concentração do vinhoto, principal resíduo da indústria alcooleira, cujo tratamento diminui o dano ao meio ambiente. A metodologia utilizada determinou o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o tempo de retorno do capital investido. Considerando a taxa de desconto de 10%, obteve-se VPL de R\$ 4.304,13, sendo a TIR igual a 11,23% e o retorno do capital ocorrendo em 10 anos. Os itens do projeto que mais afetam sua viabilidade econômica são a aquisição dos sistemas de osmose inversa e de pré-tratamento, o custo decorrente do uso de energia elétrica e a receita obtida com a venda do vinhoto concentrado. Segundo análise mediante probabilidade estatística, pode-se afirmar com 90,16% de confiança que o projeto é viável economicamente. É importante ressaltar que além da utilização do vinhoto concentrado como fertilizante, o projeto prevê a diminuição da captação de água dos recursos hídricos para processamento nas destilarias de álcool.

Palavras-chaves: Vinhoto, Osmose Inversa, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno.

Dissertation abstract presented to CCT/UENF as part of the necessary requirements for obtaining the degree of Master (M.Sc.) in Engineering Sciences (Production Engineering area).

CONCENTRATED STILLAGE ECONOMICAL EVALUATION FOR FERTILIZING USAGE

Cristine Lisbôa do Nascimento

August 22nd, 2003

Advisor: Prof. Renato de Campos, D.Sc.

Co-advisor: Prof^a. Maria Eugênia R. de Sena P. Borges, D.Sc.

In the last decades, the urge for the correct handling of industrial wastes produced keen awareness. These by-products may be used in other points of the productive main. Inverse Osmosis technology presents low energetic use if compared to other concentration processes and the concentrated stillage may be used as fertilizer, lowering its transportation costs. This work aims to evaluate the stillage concentration process economically, this waste is the main residue generated by the sugar industry and its treatment reduces the environmental damage. Applied methodology used the Net Present Value (NPV), the Return Internal Rate (RIR) and invested capital return time. Using a 10% discount rate, a NPV of R\$ 4.304,13 was found, being a 11,23% RIR, and return gains before a 10 years period. The most important factors pertaining economical viability are the Inverse Osmosis and pre-treatment systems, the power cost and the concentrated stillage sales. According to statistical analysis, it may be said with 90,16% confiability that the project is economically viable. It is important to point out that together with the fertilizing use of concentrated stillage, this project aims to reduce water consumption by the alcohol mills.

Key words: Stillage, Inverse Osmosis, Net Present Value, Return Internal rate.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Desde a colonização brasileira, a agroindústria açucareira tem grande importância na economia, apresentando-se como uma atividade de grande vulto em nossa sociedade. O Brasil, ao lado da Índia, apresenta-se como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo que o açúcar produzido é o de maior competitividade (Azevedo, 2002).

A cadeia de produção da cana-de-açúcar tem como principais produtos a água de lavagem, o bagaço, as folhas e pontas, o melaço e o caldo. A água de lavagem pode ser aplicada na fertirrigação ou mesmo ser processada para produção de biogás. O bagaço, as folhas e pontas podem gerar energia ou serem aproveitados em polpa de papel, celulose e aglomerados. Além desses usos, as folhas e pontas podem ser usadas como forragem. O melaço pode dar origem ao álcool, além de sua utilização como aditivo de ração animal. E o caldo, por sua vez, é o produto de maior importância, para produção do açúcar, do álcool e outras fermentações.

Dentro da cadeia produtiva do álcool temos como produtos o etanol, o vinhoto, o gás carbônico, o óleo de fúsel e recuperação de leveduras. O etanol tem como sua principal utilização combustível para veículos. O *vinhoto* pode ser usado na fertirrigação, como aditivo de ração animal, além da geração de biogás, combustão em caldeiras e produção de proteínas (Cortez *et al.*, 1992).

O Brasil é um país com alto potencial agrícola devido em grande parte à sua grande extensão de terra e oferta de recursos hídricos. Porém, num mundo globalizado é preciso estar atento para que o desperdício no setor produtivo seja mínimo. A busca do conhecimento através de pesquisas e o uso de tecnologias recentes devem dotar nossos produtos de qualidades superiores, visando a

maximização de seu valor adicional e a instalação do agronegócio, impulsionando o desenvolvimento regional.

A poluição gerada por uma unidade produtora é uma *falha de mercado*¹, porque não é levada em consideração nos cálculos de custo das empresas. Uma falha de mercado é compensada à sociedade com a cobrança de impostos por parte do Estado, embora este pagamento, até mesmo pela figura do imposto, não necessariamente reverta em benefício direto para a população afetada. Essa contradição atesta bem a diferença entre o custo social (pago pela população) e o custo privado (revertido pela empresa). Um exemplo gritante de alto custo social ocorreu recentemente quando uma indústria acabou contaminando o Rio Paraíba do Sul, degradando tanto sua fauna como a flora e atingindo aproximadamente 600 mil pessoas, que tiveram seu meio de vida totalmente comprometido e até hoje sofrem conseqüências pela água consumida (Aguiar *et al.*, 2003).

Esse fato é um típico exemplo de catástrofe, no qual toda a mídia pressiona as autoridades, as pessoas se organizam e buscam soluções, mas é preciso que haja uma preocupação no sentido de combater os abusos praticados todos os dias contra os recursos naturais, que são feitos em pequenas doses e são “invisíveis”, porém, o dano é absorvido pelo ambiente e este responde lentamente para a sociedade através de doenças e outras mazelas.

O custo da água está sendo discutido há algum tempo devido ao seu estágio avançado de contaminação e esse fato deveria educar e conscientizar a sociedade industrial e urbana de que esse recurso não é inesgotável, para que seja dada a devida atenção a fim de não torná-la um artigo de luxo.

Em decorrência do exposto há necessidade de se dar um destino industrial aos rejeitos poluentes através de um estudo das cadeias produtivas. Nas últimas décadas do século passado, cresceu num âmbito mundial uma preocupação por parte das instituições acadêmicas, ONG's, órgãos governamentais e conseqüentemente, as indústrias no que diz respeito à necessidade de um tratamento adequado para todo e qualquer tipo de resíduo. Notadamente deve haver

¹ Falha de mercado, um exemplo de externalidade, que pode gerar um custo social.

um empenho para a recuperação de resíduos gerados por diferentes processos, no intuito de gerar novos insumos para outros ramos industriais.

1.1 – O vinhoto

O vinhoto é uma externalidade da indústria alcooleira, que não é utilizado nessa cadeia produtiva. Ele é responsável por um custo social devido ao alto consumo de oxigênio no seu processo de decomposição. A sua coloração escura dificulta a penetração dos raios solares quando descartado nos recursos hídricos, prejudicando a flora e a fauna aquática.

O vinhoto é altamente poluente, sendo obtido em grandes volumes durante a produção industrial, mas por outro lado contém substâncias dissolvidas que possuem finalidade, possibilitando que o mesmo seja então encarado como insumo para outro setor produtivo ou até mesmo para uma outra indústria. Este pensamento vai de encontro à necessidade de tratamento do mesmo visando a minimização do dano ecológico, já que seu uso racional evitaria o despejo nos recursos hídrico e atmosférico, maximizando a sua utilização.

O correto tratamento do vinhoto visa a diminuição do impacto ambiental em conformidade com o bem estar social e deve estar submetido às leis de proteção ao meio ambiente, cuja multa prevista para seu desrespeito é de 800 reais, podendo chegar a 2 milhões de reais, segundo a Lei Estadual nº 3.467, de 14 de setembro de 2000, seção 3, artigo 88 (FEEMA, 2000).

Aproveitando as propriedades do vinhoto, tais como presença de proteínas, fibras, compostos nitrogenados e sais minerais, com predominância do potássio, e ainda pela ausência de substâncias tóxicas, o mesmo pode ser utilizado como fertilizante. A utilização de técnicas para a sua concentração apresenta-se como uma opção vantajosa, pois diminui o volume a ser aplicado para um mesmo conteúdo de nutrientes e, em conseqüência, diminui os gastos com o transporte do concentrado até às lavouras.

A concentração do vinhoto pode ser realizada através do processo de Osmose Inversa, que se apresenta como uma opção vantajosa em relação a outros processos de concentração, devido ao seu relativamente baixo consumo energético.

1.2 – O Problema

O Brasil é um país com alto potencial hídrico, pois compreende de 13 a 15% da reserva de água doce disponível no planeta e ainda divide com os países do Mercosul o maior reservatório de águas subterrâneas do mundo. Por outro lado, somente 16% do esgoto urbano passam por tratamento antes de serem lançados em lagoas, rios ou no mar (Marcondes Filho e Silva, 2001).

Dentre as atividades consumidoras de água, a agricultura lidera como a atividade de maior consumo, atingindo 70% do volume total disponível mundialmente, seguida pelo setor industrial. As usinas sucroalcooleiras respondem por aproximadamente 40% do consumo de água de todo o setor industrial, de acordo com a Tabela 1.1 (Marcondes Filho e Silva, 2001).

No passado, a quase totalidade do vinhoto, obtido a partir da destilação do álcool, era lançada nos rios ou confinada em lagoas, sem preocupação quanto aos aspectos de poluição das águas, prejudicando sensivelmente a vida aquática, ou de reciclagem de seus produtos (Sena, 1998; Kiehl, 1985).

Áreas de segurança são locais onde o vinhoto pode ser aplicado sem uma imediata finalidade agrícola, sendo indispensáveis nas unidades produtoras, evitando a descarga do resíduo em cursos de água, o que causaria problemas ecológicos (Sena, 1998, Orlando Filho *et al.*, 1980). Como exemplo, tem-se o tanque de decantação, onde ocorre evaporação da parte líquida do vinhoto e decantação dos constituintes sólidos dissolvidos. No entanto, o armazenamento do vinhoto por longos períodos nessas áreas propicia a sua infiltração no solo, podendo ocorrer contaminação do lençol freático (Fraga *et al.*, 1994).

Com a introdução de legislação e fiscalização para controle à poluição hídrica, a indústria foi obrigada a adotar soluções que atendessem às exigências dos órgãos responsáveis pelo combate da poluição. No entanto, a tecnologia que vem sendo

utilizada, além de insatisfatória sob o ponto de vista de controle de poluição, não foi objeto de estudos que visassem o confronto com outras opções, sobretudo aquelas que permitissem o reconhecimento do potencial econômico do vinhoto (Sena, 1998, Kiehl, 1985).

Tabela 1.1: Demanda de água dos diversos setores industriais de São Paulo.

Atividade Industrial	% Demanda / SP	Média (m³/s)
Usinas de açúcar e álcool	42,64	0,459
Química	16,01	0,085
Papel e celulose	11,67	0,131
Metalúrgica	7,06	0,047
Alimentos	5,29	0,024
Bebidas	4,49	0,028
Têxtil	4,07	0,027
Materiais de construção	2,41	0,016
Cervejarias	1,53	0,095
Abatedouros	0,90	0,015
Automotiva	0,68	0,011
Eletroeletrônica	0,63	0,010
Outras atividades	2,63	0,007

Fonte: Fiesp *apud* Marcondes Filho e Silva (2001), p482.

Segundo Sena (1998) as principais características do vinhoto brasileiro são:

- teor de sólidos totais: 2 a 8% (raramente atinge 10%);
- em média, 70% dos sólidos totais são orgânicos;
- os sólidos presentes encontram-se, em sua maioria, na forma solúvel;
- os mostos fermentados têm teor alcoólico de 8° GL, que conduz a uma relação volumétrica vinhoto / álcool de 12,5;
- nos sólidos inorgânicos do vinhoto proveniente do processamento da cana-de-açúcar, o potássio é o elemento de maior concentração (10% dos sólidos totais).

Diante desse panorama, o estudo da utilização do vinhoto como produto da indústria do álcool, proveniente da cana-de-açúcar, passou a ter relevância nos

países produtores através de estudos acadêmicos, buscando fins mais nobres para esse produto (insumo).

No Brasil, essa preocupação norteia estudos desde a implantação do Proálcool, ocorrida em 1975, porém perdura o descaso por parte do setor industrial para com os recursos naturais disponíveis, quando os mesmos deveriam ser altamente valorizados, pois apesar de tratar-se de recursos obtidos em quantidades abundantes, estes são finitos. Diante nesse panorama, origina-se o problema do vinhoto, por ser o mesmo altamente poluente e obtido em grande proporção volumétrica dentro do processo de destilação do álcool e também pela grande quantidade de água consumida tanto pelo setor agrícola durante a etapa de cultivo da cana-de-açúcar quanto no processo industrial de obtenção do álcool nas destilarias.

As normas de proteção ao meio ambiente especificam procedimentos para diminuição do dano ambiental, porém a aplicação de multa não é o bastante para sanar o problema, e não deveria ser vista como puramente um ato punitivo, mas como uma diretriz de uma política satisfatória de proteção do meio ambiente, que será capaz de gerar novos insumos para a indústria sucroalcooleira e promover o bem-estar social.

Neste trabalho discute-se uma opção de tratamento do vinhoto por meio de sua concentração, com conseqüente obtenção de água, sendo eficaz na diminuição da captação hídrica nos recursos naturais, como rios ou lagoas, além de combater a poluição que seria causada com o descarte indiscriminado do vinhoto no meio ambiente.

1.3 – Objetivo

Este trabalho consiste em um estudo da viabilidade econômica do processo de concentração do vinhoto (que pode vir a substituir o fertilizante comercial na nutrição mineral de plantas por conter alta concentração de potássio), realizado através de uma tecnologia com membranas poliméricas, a Osmose Inversa.

A determinação da viabilidade econômica incluirá:

- estudo de diferentes métodos de avaliação econômica;
- determinação da taxa mínima de atratividade para o investimento;
- obtenção da demanda de vinhoto nas destilarias do Estado do Rio de Janeiro;
- avaliação do sistema de Osmose Inversa mediante a capacidade de tratamento do vinhoto;
- determinação dos itens de custo e receita componentes do projeto;
- análise do projeto a partir da variação dos itens de custo ou receita;
- avaliação do processo mediante a simulação de diferentes cenários.

É importante ressaltar que este trabalho propõe a utilização da tecnologia de Osmose Inversa para tratar de maneira mais eficiente um efluente da indústria do álcool, buscando uma solução para este problema ambiental. Justifica-se pela minimização dos custos decorrentes da utilização de fertilizante comercial, que é aplicado em diversas culturas, inclusive a da cana-de-açúcar; pela diminuição do descarte de rejeitos/poluentes no meio ambiente e por diminuir a captação de água dos recursos naturais.

1.4 – Estrutura da Dissertação

No capítulo 2 são abordados: a importância da indústria sucroalcooleira, a utilização de fertilizantes orgânicos, o vinhoto (características, aplicações, composição química etc), e a tecnologia de processos com membranas.

No capítulo 3 são apresentados métodos para o estudo de viabilidade econômica de projetos, tais como o Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Retorno e o Índice Benefício/Custo, dentre os quais foram escolhidas as ferramentas para a avaliação econômica do projeto de concentração do vinhoto, assim como são descritos procedimentos para análise da confiabilidade dos resultados obtidos.

Os resultados são apresentados no capítulo 4, que ainda apresenta o dimensionamento da unidade de Osmose Inversa utilizada como base no projeto

proposto. Finalmente têm-se as conclusões obtidas e propostas para futuros trabalhos, seguidas da lista de referências bibliográficas consultadas.

O Anexo I demonstra a Metodologia da Simulação de Monte Carlo para um projeto genérico.

O Anexo II traz o Fluxo de Caixa do projeto de concentração de vinhoto, com a especificação dos itens utilizados para os cálculos, com seus respectivos valores unitários, e a quantidade anual consumida ou produzida, além do valor atual do projeto contabilizado a cada ano. Têm-se ainda, os Fluxos de Caixa simulados mediante a distribuição das variáveis de custo ou receita que afetam com maior relevância na viabilidade econômica do projeto.

O Anexo III apresenta dados de produção do setor sucroalcooleiro, que foram utilizados para estimar a quantidade de vinhoto produzida por cada unidade produtora do Estado do Rio de Janeiro.

O Anexo IV traz dados de alguns fornecedores obtidos por sites da internet ou por pesquisa de campo.

CAPÍTULO 2

O VINHOTO E SEU TRATAMENTO

2.1 – A indústria sucroalcooleira

Em 1975 foi criado o Proálcool, que em sua primeira fase permitiu a montagem e ampliação das destilarias anexas às usinas, para a produção exclusivamente de álcool anidro e numa segunda fase, a montagem de destilarias autônomas para a produção de álcool hidratado. O Proálcool ganhou força com o choque do petróleo em 1979, tendo sido montados um grande número de destilarias em regiões que não tinham nenhuma tradição e qualificação. No entanto, o preço do barril do petróleo esteve bem abaixo das estimativas feitas na implantação do Proálcool, além do fato de que a partir da década de 80 houve uma crise nas finanças públicas aliadas ao problema inflacionário, desaconselhando a continuidade do apoio ou subsídios (Azevedo, 2002).

O Sistema Agroindustrial Sucroalcooleiro entrou a década de 90 com redução do nível de intervenção governamental nas atividades, porém os produtores não deixaram de solicitar apoio, até mesmo porque há uma maior conscientização por parte de produtores, industriais, trabalhadores e lideranças políticas do setor quanto à necessidade de se organizarem efetivamente na definição de prioridades e reivindicações (Azevedo, 2002).

A participação da região Norte Fluminense no desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro se faz presente nos setores agropecuário (em especial na produção leiteira e cana-de-açúcar) e de energia primária. A energia primária dessa região é principalmente constituída pelo petróleo (21,7%), pelo gás natural (21,9%) e por biomassa (3%), como recursos energéticos de grande valor na matriz energética do Estado (Sena, 1998).

A indústria sucroalcooleira do norte fluminense possui grande importância econômica, tendo gerado no ano de 2000 cerca de 175 milhões de reais e cerca de 15.000 empregos diretos e indiretos. A queda na produtividade da cana-de-açúcar

no Norte Fluminense ocorre devido ao crescente desinteresse dos produtores agrícolas por esta lavoura, em função de sucessivos planos econômicos, desvalorização da moeda nacional em relação ao dólar, fortes pressões competitivas impostas pelo mercado e falta de matéria-prima (cana) por causa do déficit hídrico da região, aliado a práticas agrícolas inadequadas e um baixo índice de modernização (Azevedo, 2002). Associado a esses fatores, a lavoura canavieira sofre influências com as flutuações climáticas sazonais e insuficiência de defensivos agrícolas ou fertilizantes (Sena, 1998). A Figura 2.1 mostra dados anuais de produção alcooleira das safras de 1980/1981 a 2000/2001 para o Estado do Rio de Janeiro, em m³, sendo possível observar que no período que vai da safra 1980/1981 até a safra 1985/1986 há uma produção crescente de álcool, já no período subsequente há uma oscilação da produção alcooleira sem que ocorra queda ou ascensão acentuada, até que na safra 1990/1991 há um acentuado decréscimo na produção de álcool, cujo patamar de produção se mantém até a safra 2000/2001.

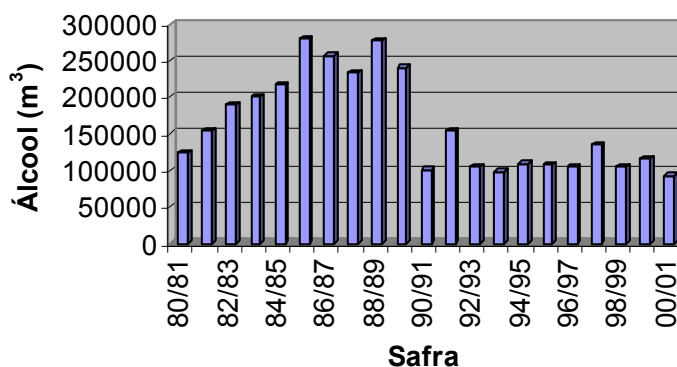


Figura 2.1: Produção anual de álcool nas safras de 1980/1981 a 2000/2001.
Fonte: ASFLUCAN (2001)

O Estado do Rio de Janeiro conta com dez usinas em atividade, conforme Anexo III, totalizando uma produção superior a 70 milhões de litros de álcool, contabilizada até 31 de janeiro de 2002, com referência a safra 2001/02, de acordo com a Tabela 2.1 (ASFLUCAN, 2002).

O etanol é um produto biodegradável, que ajuda a diminuir a poluição local devido à redução das emissões da gasolina e por seu poder de reduzir a poluição global já que contribui para a diminuição do efeito estufa, ao substituir combustível proveniente do petróleo e seqüestrar carbono da atmosfera. Os principais produtos e

subprodutos do álcool etanol são: o vinhoto, o gás carbônico, o óleo de fúsel, e recuperação de leveduras.

Tabela 2.1: Produção de álcool do Estado do Rio de Janeiro.

Usinas	Safras	Álcool produzido (m ³)		
		Hidratado	Anidro	Total
Agrisa	2001/02	2.385	2.797	5.182
	2000/01	914	3.064	3.978
Barcelos	2001/02	5.137	--	5.137
	2000/01	7.931	522	8.453
Carapebus	2001/02	1.320	--	1.320
	2000/01	2.310	--	2.310
Cupim	2001/02	4.340	--	4.340
	2000/01	3557	--	3557
Paraíso	2001/02	4.920	--	4.920
	2000/01	6.074	--	6.074
Pureza	2001/02	1.837	--	1.837
	2000/01	1.623	--	1.623
Quissamã	2001/02	2.190	--	2.190
	2000/01	3.400	--	3.400
Santa Cruz	2001/02	5.242	7.836	13.078
	2000/01	4.377	11.545	15.922
São José	2001/02	11.550	1.134	12684
	2000/01	13.648	551	14199
Sapucaia	2001/02	9.761	12.193	21954
	2000/01	2.322	37.317	39639
Total em 31/01/2002		48.682	23.960	72642
Total em 31/01/2001		48.306	50.849	99155

Fonte: ASFLUCAN (2002).

O principal uso do etanol por ordem de importância no Brasil é o de combustível veicular, indutor de octanagem, solvente etc (Azevedo, 2002). A indústria alcooleira tem como principal resíduo líquido o vinhoto, também conhecido como vinhaça, que contém matéria orgânica e minerais, dissolvidos e em suspensão (Sena, 1998; Silva e Orlando Filho, 1981). A presença de tais substâncias no vinhoto

permite que o mesmo seja visto como um fertilizante orgânico, conforme definição apresentada na próxima seção.

2.2 – Fertilizantes orgânicos

Segundo Kiehl (1985), fertilizante orgânico pode ser de origem vegetal ou animal, e se aplicado ao solo em quantidades, épocas e maneiras adequadas, proporciona melhorias de suas qualidades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas, efetuando correções de reações químicas desfavoráveis ou de excesso de toxidez, e fornecendo às raízes nutrientes suficientes para produzir colheitas compensadoras, com produtos de boa qualidade, sem causar danos ao solo, à planta ou ao ambiente.

Até o ano de 1982 os fertilizantes orgânicos não tinham nenhuma regulamentação quanto à produção, comércio e fiscalização. Os produtores de fertilizantes orgânicos não podiam dar nome comercial ao seu produto e registrá-lo junto aos órgãos oficiais, e conseqüentemente não podiam processar a matéria-prima melhorando suas qualidades, fazendo correções ou adições de substâncias para a obtenção de um fertilizante enriquecido (Kiehl, 1985).

A inspeção e fiscalização da produção, assim como o comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura foram previstos na Lei nº 6.894/1980, alterada pela Lei nº 6.934/1981. A regulamentação dessas duas leis só foi possível através de Decretos e Portarias no ano de 1982 (Kiehl, 1985). Na próxima seção, o vinhoto é abordado com maiores detalhes.

2.3 - O vinhoto e seus insumos

O vinhoto é um líquido turvo com odor característico, sendo sua coloração variável do amarelo âmbar ao pardo escuro, dependendo de sua origem e do teor de matéria orgânica presente. Como corrente de fundo da primeira corrente de destilação do etanol, este efluente contém todos os componentes do mosto fermentado não arrastados pelo vapor d'água, além de quantidades residuais de

açúcares, álcool e compostos voláteis mais pesados. O vinhoto é obtido na proporção de 10 a 13 partes para cada volume de álcool. Na saída do processo de destilação, o vinhoto apresenta-se com temperatura pouco abaixo do ponto de ebulição da água, entre 80 e 90 °C e tem alto poder corrosivo, devido ao fato do seu pH estar geralmente abaixo de 4,0. (Kiehl, 1985; Orlando Filho *et al.*, 1980).

2.3.1 – Aplicações do vinhoto

Inicialmente o vinhoto era lançado aos cursos d'água, pois se acreditava que nossos solos por serem ácidos, tornar-se-iam ainda mais ácidos com a incorporação do vinhoto. Kiehl (1985) narra que esse pensamento perdurou até que um depósito de vinhoto numa usina na cidade de Piracicaba rompeu-se e inundou uma área da propriedade, fertilizando-a.

Ao comparar o pH da terra que havia sido inundada com a da área ao lado, verificou-se que o solo passou a alcalino, fato posteriormente atribuído à rápida humificação da matéria orgânica do vinhoto na forma coloidal, à ação do húmus sobre o alumínio, acidificante do solo, e à formação de humatos alcalinos. Apesar de ser de natureza ácida o vinhoto provoca uma alteração acentuada de pH do solo, elevando-o para níveis ideais de alcalinidade e isso se deve à degradação da matéria orgânica e à grande quantidade de bases trocáveis que são adicionadas ao solo (Hespanhol, 1979).

Tanto a matéria orgânica quanto os sais minerais contidos no vinhoto podem ser recuperados, quer para uso direto, como fertilizante, por exemplo, ou sob forma de matéria-prima para outras aplicações, como ração animal ou material de construção civil. Assim, seu aproveitamento racional, além de representar uma reciclagem de recursos naturais com valor agregado, permite atender com muito mais eficiência aos requisitos da legislação de controle da poluição (Sena, 1998).

A utilização do vinhoto in natura como fertilizante poderia alcançar um mercado potencial de 270 mil toneladas de fertilizantes NPK, podendo substituir 21% do mercado de fertilizante NPK convencional destinado à cultura canavieira, além de poder ser utilizado também nas culturas de milho, soja, citros e café (Sena, 1998).

As substâncias contidas no vinhoto in natura, responsáveis pelo seu efeito fertilizante estarão, em princípio, presentes no produto concentrado. As vantagens da concentração do vinhoto visando sua aplicação ao solo são a maior estabilidade do produto e a redução do volume a ser transportado, sendo o último fator responsável pela redução dos investimentos necessários ao transporte do produto, da destilaria à plantação (Sena, 1998). Além disso, o vinhoto concentrado tem menos H₂O com acidez elevada.

A concentração de vinhoto pode disponibilizar o concentrado para outras aplicações, das quais se pode destacar a utilização como aditivo em ração animal e como meio de cultura para o desenvolvimento de proteínas, além do fato de que o permeado obtido pode vir a ser reciclado dentro do processo de produção do álcool minimizando, desta forma, a alta demanda de água observada neste setor industrial e os conseqüentes custos provenientes de tal recurso hídrico (Cruz, 2003).

A utilização do vinhoto deve obedecer a critérios, considerando que a sua utilização também está associada a aspectos negativos, conforme descreve a seção seguinte.

2.3.2 – Aspectos negativos do vinhoto

A alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) para o vinhoto mostra o seu grande poder poluente, principalmente se for considerada a legislação em vigor, que só permite o despejo de resíduos brutos ou in-natura quando apresentarem uma DBO dentro de uma certa faixa de segurança, onde as atividades poluidoras industriais com carga de DBO igual ou superior a 100 Kg/dia deverão atingir remoção de DBO de no mínimo 90% e para as demais atividades exige-se remoção de sólidos grosseiros, sedimentáveis, materiais flutuantes e um mínimo de 70% de remoção de DBO (Lima e Sabaa-Srur, 1998; FEEMA, 1991). Por esse motivo, é um efluente agressivo tanto à fauna como à flora, quando não devidamente tratado. DBO é o consumo de oxigênio no processo de decomposição de efluentes orgânicos, sob condições padronizadas e durante um período específico de

incubação, expresso em mg de O₂/l, ou ppm e, portanto indica a quantidade de material prontamente oxidável presente no efluente (Baptistela e Scaloppi, 1986).

Por outro lado, o confinamento do vinhoto em depressões naturais do terreno ou em barragens leva à rápida decomposição microbiana da matéria orgânica, estando boa parte dela nas dimensões coloidais, com a conseqüente formação de gases de odores desagradáveis, causando desconforto às populações vizinhas à destilaria (Kiehl, 1985; Ramos *et al.*, 1978a).

Vários trabalhos foram publicados demonstrando o alto valor do vinhoto como fertilizante, corretivo e condicionador do solo, mas persiste o problema de distribuir no canal um líquido quente, corrosivo e produzido em grandes quantidades durante a época de corte da cana (Orlando Filho *et al.*, 1980; Ramos *et al.*, 1978b). O vinhoto produzido pelas indústrias alcooleiras da região Norte Fluminense é utilizado, principalmente, na fertirrigação das plantações de cana-de-açúcar. Devido ao uso de forma indiscriminada do vinhoto pela fertirrigação, foi constatado um efeito acumulativo de certos nutrientes no solo, em especial do elemento potássio, o que pode levar a uma contaminação do lençol freático e trazer reflexos negativos para o solo e para as culturas (Manhães *et al.*, 2002).

2.3.3 – Composição do vinhoto

A composição do vinhoto é extremamente variável, dependendo principalmente da composição do vinho submetido à destilação, que por sua vez está relacionada com a natureza e composição da matéria-prima, sistema usado no preparo do mosto, método de fermentação adotado, tipo de levedura utilizada, tipo de aparelho usado na destilação e método de destilação (Sena, 1998; Silva e Orlando Filho, 1981).

Há três tipos de vinhoto na indústria sucroalcooleira: o proveniente do mosto de caldo de cana, o proveniente do mosto de melaço e o resultante da mistura destes dois mostos. Há ainda outros efluentes, como a água de lavagem da cana e a água das colunas barométricas, também proibidas de serem descarregadas em cursos d'água (Kiehl, 1985).

Os três tipos de vinhoto possuem elevada proporção de água, predominância de matéria orgânica sobre a mineral e maior riqueza de potássio em relação aos minerais totais e aos nutrientes nitrogênio e fósforo (Kiehl, 1985; Ramos *et al*, 1978a). Uma relação foi estabelecida entre a quantidade de minerais presentes no vinhoto de cana e a correspondente quantidade de fertilizante comercial, como está mostrado na Tabela 2.2 (Germek e Feigl, 1987).

Tabela 2.2: Comparação entre valor nutricional do vinhoto e fertilizante comercial

Fertilizante comercial	Elementos (%peso)	kg de fertilizante / m ³ de vinhaça
Uréia	45,5 de N	0,615
Superfosfato triplo	46,0 de P ₂ O ₅	0,435
Cloreto de potássio	60,0 de K ₂ O	2,450

Fonte: Germek e Feigl (1987), p44.

Estudos realizados na região de Campos, na safra de 1978/79 mostraram a composição média e amplitude da variação dos elementos presentes nos diferentes tipos de mosto e vinhoto, de acordo com os dados das Tabelas 2.3 e 2.4. Todos os elementos analisados mostraram um comportamento irregular, pela influência da época, do local e do tipo de mosto utilizado na composição do vinhoto, confirmando dados obtidos em estudos no Estado de São Paulo (Silva e Orlando Filho, 1981).

Através dos dados da Tabela 2.4, observa-se que os macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) apresentaram teores mais elevados no vinhoto oriundo de mosto de melação, apesar das variações entre os elementos nos vinhotos de um mesmo tipo de mosto. O valor do pH apresentou-se num comportamento semelhante. Confirmando os dados obtidos para o vinhoto brasileiro, o potássio aparece como elemento mineral predominante, e desta forma, o vinhoto é visto como um excelente fertilizante do solo.

Tabela 2.3: Composição média e amplitude de variação dos elementos constituintes do vinhoto proveniente de diferentes tipos de mosto na região de Campos-RJ.

Elemento	Tipo de mosto		
	Melaço	Misto	Caldo
N*	0,61 (0,32-0,96)	0,41 (0,32-0,57)	0,34 (0,31-0,37)
P ₂ O ₅ *	0,12 (0,07-0,18)	0,11 (0,08-0,15)	0,14 (0,14-0,15)
K ₂ O*	5,23 (3,69-7,24)	2,60 (2,28-2,70)	1,38 (1,34-1,42)

pH	4,10 (3,50-4,60)	3,60 (3,30-3,70)	3,30 (3,20-3,30)
----	------------------	------------------	------------------

* em kg/m³.

Fonte: Silva e Orlando Filho (1981).

Tabela 2.4: Teores médios e amplitude de variação dos elementos analisados nos três tipos de vinhoto na região de Campos-RJ.

Elemento	Tipo de vinhoto		
	Mosto de melação	Mosto misto	Mosto de caldo
N *	0,79 (0,62-1,02)	0,43 (0,21-0,67)	0,35 (0,26-0,93)
P ₂ O ₅ *	0,14 (0,08-0,28)	0,14 (0,08-0,24)	0,11 (0,08-0,16)
K ₂ O *	5,50 (4,62-7,62)	2,61 (1,92-3,63)	1,15 (0,64-1,46)
CaO *	2,25 (1,72-2,72)	1,46 (1,19-1,83)	0,76 (0,50-1,11)
MgO *	1,02 (0,73-1,64)	0,52 (0,48-0,60)	0,30 (0,15-0,42)
M.O. *	56,90 (40,1-73,3)	45,10(32,90-61,90)	34,70 (15,20-61,80)
Fe **	119,74 (59,2-359,16)	129,70 (61,96-203,60)	110,05 (46,24-224,88)
Cu **	9,39 (1,42-45,08)	56,88(7,38-137,16)	17,56(1,82-45,68)
Zn **	3,09 (2,26-5,14)	49,79(2,38-118,68)	2,28 (1,34-2,94)
Mn **	11,06 (9,12-13,88)	5,50 (5,00-10,76)	9,66 (4,52-13,80)
pH	4,20 (3,80-4,60)	3,80 (3,70-4,10)	3,60 (3,20-5,40)

* em kg/m³

** em ppm

Fonte: Silva e Orlando Filho (1981).

Os micronutrientes (Cu, Fe, Zn e Mn) apresentaram comportamento instável, de acordo com o tipo de mosto utilizado e com o local de amostragem, sendo o ferro o elemento predominante, seguido do cobre, do manganês e do zinco (Silva e Orlando Filho, 1981).

2.3.4 – Distribuição do vinhoto

A partir da década de 80 pesquisas foram desenvolvidas visando à utilização do vinhoto in natura em substituição à adubação mineral, ficando determinado que a viabilidade de aplicação do vinhoto através de caminhões-tanque, em total substituição da adubação mineral, pode ser analisada mediante confronto dos custos de ambas alternativas. O custo de aplicação de vinhoto cresce com a distância entre

os pontos de carregamento e de aplicação, enquanto o custo para a adubação mineral varia muito pouco, sendo representados esquematicamente na Figura 2.2. Deste modo, era conveniente a utilização do vinhoto como fertilizante até uma distância d_1 , considerando-se os mesmos ganhos de produtividade. A partir deste ponto, o custo por hectare decorrente da adubação mineral (c_1) seria menor, incluindo preços do insumo, transporte e aplicação, desestimulando a utilização do vinhoto (Orlando Filho *et al.*, 1980).

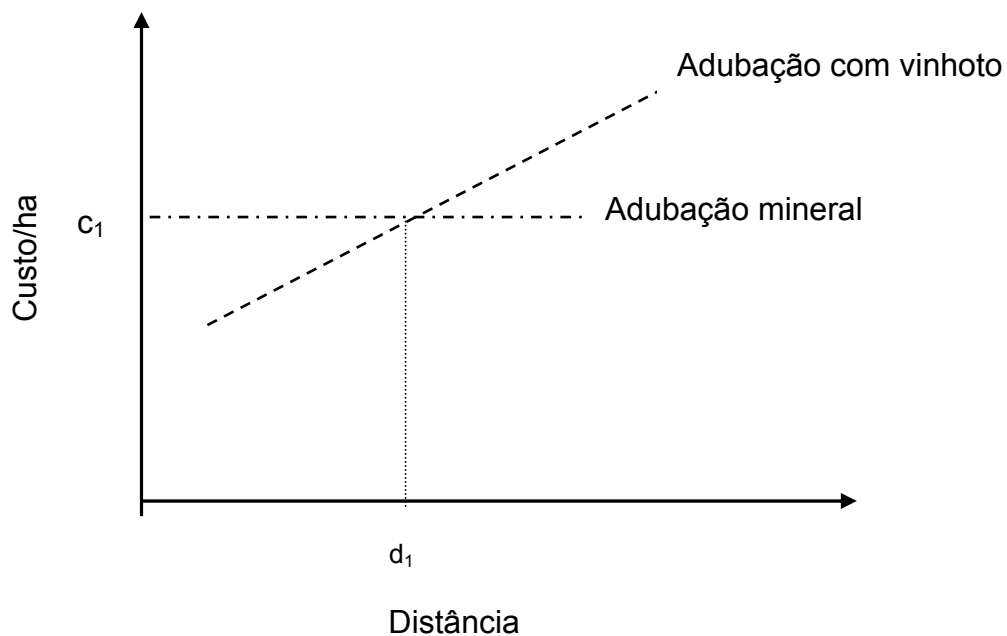


Figura 2.2: Curvas de custos de adubação e aplicação de vinhoto

Fonte: Orlando Filho *et al.* (1980), p8.

A distribuição por veículo-tanque é empregada desde que se iniciou o uso do vinhoto como fertilizante. Os primeiros tanques eram feitos de madeira e posteriormente utilizou-se o aço carbono, aço carbono-naval, aço inoxidável ou fibra de vidro. Esse sistema permite adequar a composição química do vinhoto, com a adição de fertilizantes minerais, com certo controle e alguma uniformidade (Kiehl, 1985, Orlando Filho *et al.*, 1980). No entanto, a utilização desse processo pode acarretar compactação do solo e alto investimento na frota de carros-tanque, na manutenção e no gasto de combustível, além de não permitir a utilização do vinhoto em distâncias superiores a 15 km, pois seria inviável economicamente (Cortez *et al.*, 1992).

Há estudos que mostram o vinhoto sendo distribuído na lavoura nas formas pura ou diluída com água de lavagem nas proporções de 2:1 e 3:1 (Sena, 1998). Na aplicação do vinhoto por fertirrigação pode ocorrer má distribuição do mesmo, dependendo do relevo do terreno e do método empregado (Kiehl, 1985).

2.4 – Processo de separação com membranas

Esta seção apresenta a técnica de Osmose Inversa, utilizada para concentração de líquidos, sendo esta técnica vantajosa em comparação com outras, por exemplo, a evaporação. Esta técnica utiliza membranas poliméricas para a concepção do vinhoto concentrado, o qual será utilizado, na proposta desse trabalho, como fertilizante.

2.4.1 – Membranas

Uma membrana pode ser definida como uma barreira que separa duas fases e que restringe, total ou parcialmente, o transporte de uma ou várias espécies químicas presentes nas fases (Habert *et al.*, 1998).

As membranas sintéticas comerciais, em sua grande maioria, são preparadas a partir de materiais poliméricos com características químicas e físicas variadas, em dependência da utilização pretendida (Habert *et al.*, 1998).

Polímeros são uma classe de materiais extremamente versáteis, podendo ser empregados tanto para gerar estruturas densas quanto porosas e são obtidos por polimerização de monômeros ou por extração de produtos naturais. Os sistemas poliméricos são formados por macromoléculas (usualmente com peso molecular acima de 20.000), com apreciáveis forças intermoleculares, que garantem coesão, facilidade de formar filmes autosuportáveis e boas propriedades mecânicas. As cadeias macromoleculares são compostas da junção covalente de “n” meros, que conferem a sua identidade química e sua flexibilidade.

De um modo geral, as membranas podem ser classificadas em duas grandes categorias: densas e porosas. As características da superfície da membrana que

está em contato com a solução permeante são responsáveis pela classificação da membrana como porosa ou densa (Habert *et al.*, 1998).

Nos processos que empregam membranas densas, a capacidade seletiva depende da afinidade das diferentes espécies com o material da membrana e da difusão das mesmas através do filme, como é o caso da permeação de gases e osmose inversa. O fluxo permeado é sempre de natureza difusiva, independentemente do tipo de força motriz aplicada, uma vez que a membrana não apresenta poros na interface com a solução a ser processada (Habert *et al.*, 1998)

Problemas críticos envolvendo membranas geralmente residem em sua vida útil, bem como na formação de incrustações na superfície das mesmas, que causam diminuição da eficiência do processo. Este fato está intimamente ligado a fenômenos conhecidos como polarização de concentração ou “fouling”, acarretando numa necessária substituição regular das membranas, o que pode influenciar negativamente na avaliação econômica do processo, devido à elevação de custos (Sena, 1998; Habert *et al.*, 1998).

2.4.2 - Osmose Inversa

No processo de osmose, o solvente é transportado através de uma membrana devido à diferença na concentração, sendo que o fluxo de solvente ocorre de uma solução menos concentrada para uma outra mais concentrada, sendo o soluto dissolvido rejeitado pela membrana. O fluxo do solvente na direção da solução de menor potencial químico leva à formação de uma diferença de pressão entre as soluções, denominada pressão osmótica (Sena, 1998; Habert *et al.*, 1998).

A osmose inversa, que recebe este nome por se constituir no processo inverso ao citado anteriormente, ocorre quando se aplica à solução mais concentrada uma pressão superior à sua pressão osmótica. O fluxo de solvente é invertido, passando neste caso da solução mais concentrada para a solução menos concentrada (Sena, 1998; Habert *et al.*, 1998).

A capacidade da membrana de rejeitar os solutos é responsável pela eficiência da separação solvente/solutos. Quanto maior a rejeição da membrana em relação aos solutos, mais perfeita é a purificação ou concentração do efluente a ser tratado. Dentre os fatores que influenciam a capacidade da membrana de discriminar preferencialmente moléculas de soluto, é possível citar sua área, as variáveis de processo (pressão, concentração e temperatura) e a natureza das interações moleculares entre solutos e o material da membrana (Sena, 1998; Habert *et al.*, 1998).

A osmose inversa apresenta-se como uma opção vantajosa em relação a outros processos de concentração, como a evaporação, devido ao seu relativamente baixo consumo energético, já que não envolve mudança de fase nos produtos tratados durante a operação (Habert *et al.*, 1998). A energia requerida para o processo de evaporação pode ser até 25 vezes maior do que a utilizada no processo de osmose inversa, variando em função da quantidade de sólidos totais obtidos na concentração (Habert, 1984). A Tabela 2.5 mostra uma comparação do consumo de energia de um projeto de evaporação em três estágios, do processo de osmose inversa e deste seguido de evaporação.

Esses processos de concentração foram também comparados em função da massa de água retirada do vinhoto por unidade de energia consumida (kg de água por 10^6 J) e os resultados desse estudo estão mostrados na Figura 2.3, onde nota-se que é removida uma quantidade muito maior de água no processo de osmose inversa, em comparação com os outros métodos de concentração apresentados.

Tabela 2.5: Consumo energético de processos de concentração de vinhoto.

Energia	Unidade	Evaporação			Osmose Inversa ^(b)	OI + Evap.III ^(d)
		I ^(a)	II ^(b)	III ^(c)		
Térmica	Joulesx10 ⁻⁹	795,3	1418,3	232,4	-----	232,4
Elétrica	Mwh	26,88	13,2	2,9	5,8	8,7

(a) 2,5 a 60% de sólidos totais

(b) 2,5 a 16% de sólidos totais

(c) 16 a 60% de sólidos totais

(d) OI 2,5 a 16% de sólidos totais seguido de Evaporação até 60% de sólidos totais

Fonte: Habert (1984).

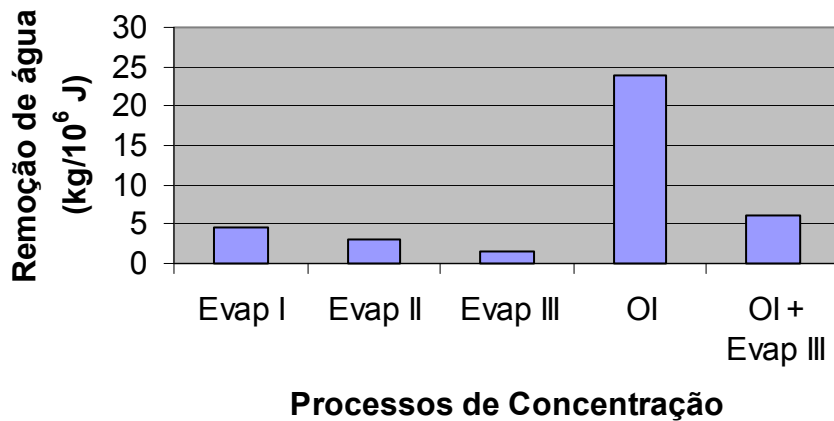


Figura 2.3: Remoção de água do vinhoto por unidade de energia consumida.
Fonte: Habert (1984).

Uma das formas de reduzir o volume do vinhoto por evaporação da água contida no mesmo passa pela utilização de concentradores de múltiplo efeito que operam pelo sistema de película descendente de líquido, de modo que a velocidade no interior dos tubos seja elevada, para contornar os problemas de incrustação (Lima e Sabaa-Srur, 1998). Com a utilização desse equipamento para a evaporação, surge um problema técnico no que diz respeito à distribuição do vinhoto na lavoura, exigindo equipamentos apropriados e encarecendo o sistema como um todo.

Dados da literatura indicam que é possível concentrar o vinhoto pelo menos até 6 vezes, sendo esse concentrado eventualmente utilizado diretamente na lavoura, aumentando o raio econômico de aplicação. Concentrados mais elevados poderiam ser obtidos às custas de acréscimos de custos fixos e operacionais. Esses fatores devem ser analisados, assim como a possibilidade de um pré-tratamento do vinhoto que consiste de filtração convencional (em papel de filtro), seguida de microfiltração ou ultrafiltração, precedendo o processo por osmose inversa, com intuito de remover materiais presentes no vinhoto que possam reduzir a eficiência do processo de osmose inversa (Sena, 1998).

São várias as aplicações comerciais da osmose inversa, entre elas a dessalinização de águas marinhas e salobras para a produção de água potável, concentração de efluentes da indústria leiteira, de sucos de frutas e legumes,

recuperação de tintas de sistemas de eletrodeposição e na depuração de rejeitos industriais (Habert *et al.*, 1998).

A pressão de operação em osmose inversa é uma importante variável de processo e aparentemente uma maior pressão resultaria em maiores fluxos permeados e maiores rejeições. No entanto, duas importantes conseqüências limitam o aumento de pressão: o aumento da taxa de compactação da membrana, que resulta em fluxos menores e o aumento dos custos operacionais com o bombeamento (Sena, 1998).

A permeação seletiva do solvente provoca aumento da concentração de soluto próximo à superfície da membrana, sendo este efeito conhecido como polarização de concentração. Segundo Habert *et al.* (1998) os aspectos negativos deste fenômeno incluem:

- redução do fluxo de água;
- aumento do fluxo de soluto através da membrana;
- precipitação do soluto quando for ultrapassado o limite de solubilidade;
- acúmulo de material na superfície da membrana, obstruindo os poros.

A polarização de concentração pode ser reduzida através de uma boa mistura próximo à superfície da membrana, a qual é obtida através do projeto do módulo de permeação ou aumentando a velocidade de escoamento tangencialmente à direção de alimentação da solução que está sendo processada.

No próximo capítulo são apresentados métodos de avaliação de viabilidade de projeto e a metodologia que foi utilizada neste trabalho.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE E METODOLOGIA UTILIZADA

A recuperação total do capital investido é a chave para a determinação da viabilidade de um projeto, influenciando significativamente na obtenção de financiamentos, e depende do tempo de vida do sistema, da taxa de retorno anual e do tempo necessário para a implementação do sistema. Sendo assim, o objetivo central do estudo da viabilidade de um projeto é determinar se o resultado que ele produz compensa a soma dos esforços e recursos despendidos na atividade produtiva, definida fisicamente pela etapa de engenharia (Buarque, 1984). Para responder a essa questão e poder comparar produtos e insumos, é necessário “transformar” os múltiplos componentes do processo produtivo em seus correspondentes valores monetários estimados.

As receitas do projeto são o fluxo de recursos financeiros que o mesmo recebe em cada ano da sua vida útil, direta ou indiretamente, graças às suas operações e originam-se principalmente das vendas dos seus produtos e subprodutos (Buarque, 1984).

O Fluxo de Caixa é simplesmente um recebimento ou pagamento de uma quantia de dinheiro, podendo ser representado por tabelas ou mesmo através de gráficos (Hummel e Taschner, 1992; Woiler e Mathias, 1996). Na representação do fluxo de caixa na forma de tabela, as entradas de dinheiro são representadas por valores positivos e as saídas de dinheiro são representadas por valores negativos.

O período de retorno do capital é o espaço de tempo de funcionamento do projeto que é necessário para que se permita aos investidores a recuperação do capital investido, ocorrendo quando a soma das receitas nominais futuras se iguale ao valor do investimento inicial (Buarque, 1984; Faro, 1995). No entanto, esta técnica não leva em consideração a vida útil que ainda possa ter o projeto além do tempo necessário para o retorno (Buarque, 1984). Na prática, instituições que utilizam este critério costumam estipular um valor limite, acima do qual o projeto deve ser rejeitado. Ainda, diante de várias alternativas de projetos, este critério que

avalia o período de retorno do capital define como a alternativa mais interessante a que apresentar o menor valor para o tempo de recuperação do montante investido (Faro, 1995).

A seguir são apresentados três métodos de avaliação econômica de projetos.

3.1 – Método do Valor Presente Líquido

Segundo Buarque (1984) o valor presente líquido (VPL) de um projeto é estimado a uma taxa de desconto correspondente ao custo de oportunidade do capital, sendo definido pela equação (1). Para um valor presente líquido superior a zero, o projeto apresenta um mérito positivo e numa comparação entre dois projetos ou duas alternativas de um mesmo projeto, o melhor, em princípio, é aquele com maior VPL.

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

onde **VPL** é o valor presente líquido do projeto em questão, **n** é o tempo de vida útil do projeto, **R_j** indica o valor atual das receitas, **C_j** indica o valor atual dos custos, **i** é a taxa de desconto, e **I_j** indica o valor atual dos investimentos.

A equação (2) define o VPL nos casos em que os investimentos se concentrem integralmente em torno do ano zero:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} - I \quad (2)$$

sendo **I** o investimento inicial. Então, para a determinação do valor líquido atualizado, somam-se todos os termos de $(R_j - C_j)/(1+i)^j$, para cada ano, durante a vida útil do projeto, e dessa soma deve-se subtrair o valor do investimento inicial.

Conceitualmente, o fato de o valor presente de um projeto ser positivo significa que, para a taxa de desconto considerada, o valor que atribuímos às suas receitas futuras é superior ao valor do investimento inicial necessário a sua implementação. Portanto, um valor presente positivo indica que o projeto em questão é economicamente interessante, em relação à taxa estipulada. Além do mais, o projeto será tanto mais interessante quanto maior o seu valor presente líquido (Faro, 1995).

Para um investidor, o custo de colocar uma certa quantidade de capital num projeto corresponde ao que ele deixa de ganhar ao não aproveitar outras alternativas de investimento viáveis. O custo de oportunidade de capital pode ser definido como a taxa de rentabilidade que o capital pode ganhar na melhor alternativa de utilização, além do projeto (Buarque, 1984). Então, para atualizar os fluxos do projeto ao longo de sua vida útil, o avaliador deve utilizar como taxa de descontos, a taxa de rentabilidade da melhor alternativa de investimento disponível, chamada de taxa mínima de atratividade, apesar de sua determinação nem sempre ocorrer de maneira simples (Faro, 1995).

A mudança na taxa de desconto adotada para a determinação do valor atual de cada projeto pode fazer com que projetos considerados antieconômicos, para uma certa taxa, passem a ser vistos como viáveis, quando avaliados segundo uma outra taxa (Faro, 1995).

3.2 – Método da Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno é a taxa de desconto que torna nulo o Valor Presente Líquido do projeto, como demonstra a equação (3).

$$\sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} - I = 0 \quad (3)$$

onde n é o tempo de vida útil do projeto, R_j indica o valor atual das receitas, C_j indica o valor atual dos custos, I indica o valor do investimento inicial e i é a Taxa Interna de Retorno.

Então, em princípio, um projeto será tanto mais desejável quanto maior a sua TIR, pois tanto maior seria a taxa de juros que aceitaríamos pagar pelo empréstimo do capital inicial (Faro, 1995).

Este método apresenta semelhança com o conceito tradicional de rentabilidade de investimento, no entanto, apresenta desvantagens para o caso de projetos com grandes diferenças entre os valores dos investimentos, onde podem ocorrer contradições entre os critérios de TIR e de VPL (Buarque, 1984). Isso ocorre porque um projeto de baixo investimento pode apresentar uma alta taxa interna de retorno, mas ainda assim ter um reduzido valor atual, devido ao fato da TIR não possuir sensibilidade para avaliar o peso de um maior investimento inicial (Faro, 1995). Por outro lado, a expressão matemática que permite a determinação da TIR leva a soluções múltiplas e sem sentido no caso dos projetos que exigem grandes substituições com agregação de custos durante a sua vida útil (Buarque, 1984).

O critério da TIR aparentemente independe da taxa mínima de atratividade, mas diante da decisão de aceitar ou não um projeto, torna-se necessário comparar a TIR obtida, com a taxa que usufruiríamos em um empreendimento alternativo, recaindo então, no problema do método do valor atual, que é a determinação dessa taxa alternativa. Buscando a simplicidade de aplicação do critério, tende-se a adotar o método do VPL que, ao contrário da TIR, não requer a resolução de uma equação de grau n (Faro, 1995).

3.3 – Método da Razão Benefício/Custo

Segundo Faro (1995) este método da razão benefício/custo considera a variação do valor do dinheiro com o tempo e é muito empregado na avaliação e seleção de projetos governamentais. De acordo com a equação (4), a razão benefício/custo é obtida pelo quociente entre o fluxo de caixa no tempo j e o fluxo de caixa inicial, a uma dada taxa i :

$$IBC = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j}}{|R_0 - C_0 - I|} \quad (4)$$

Ao considerar uma dada taxa de atratividade i , o projeto será economicamente interessante se apresentar razão benefício/custo superior à unidade (e tanto mais atrativo quanto mais a razão exceder a um). A TIR associada a um projeto também pode ser definida como sendo a taxa que faz com que sua razão benefício/custo iguale à unidade.

Analogamente ao que ocorre com o método da TIR, o critério da razão benefício/custo não leva em consideração a diferença entre os investimentos iniciais de projetos que estão sendo confrontados, sendo que em geral é preferível adotar o método do máximo valor atual a uma dada taxa tomada como a mínima de atratividade (Faro, 1995).

Nas três últimas seções foram apresentados métodos que podem ser utilizados para avaliar economicamente um projeto. No entanto, algumas considerações técnicas devem ser feitas no que se refere ao projeto de concentração de vinhoto proposto, sendo definidas a seguir.

O custo do processo de tratamento por Osmose Inversa envolve gastos com aquisição e operação do sistema. Inúmeras razões causam variações no custo, incluindo: composição do líquido que será concentrado; diversas capacidades na tecnologia de Osmose Inversa, incluindo membranas, módulos de membranas, equipamentos e projetos do sistema; competitividade comercial; tamanho do sistema; e pureza desejada para o produto. O custo financeiro do processo de osmose inversa, segundo Ray (1992) envolve custos diretos, indiretos e de operação, conforme demonstrado a seguir.

Constituem fontes de custo direto:

- compra e aprimoramento do local para ser instalado o equipamento;
- custo do efluente a ser tratado;

- utilitários (sistema para eletricidade e encanamentos);
- equipamentos (incluindo o sistema de pré-tratamento, os módulos de membrana, o sistema de Osmose Inversa, remessa e instalação do sistema e custos de engenharia associados ao projeto de equipamento).

Na hipótese de instalação do sistema de concentração do vinhoto na própria destilaria, objetivando a utilização nas suas lavouras, o custo decorrente da aquisição do efluente pode ser desconsiderado. O sistema de pré-tratamento pode representar uma pequena fração do custo do equipamento ou em algumas aplicações essa contribuição pode aumentar, sendo esse comportamento também observado nos custos de remessa e de engenharia.

Normalmente, o custo do módulo de membrana pode variar bastante em dependência da aplicação requerida. O sistema de Osmose Inversa envolve bombas, controles, encanamentos, subsistemas elétricos e válvulas.

A classe de custos indiretos no processo de Osmose Inversa pode representar um valor insignificante ou por outro lado, ter grande importância na determinação de custos, em dependência do projeto em questão, incluindo:

- pagamento de salários;
- supervisão de campo;
- facilidades temporárias;
- equipamentos de construção;
- remuneração de empreiteiros;
- custos de engenharia; ou
- outras despesas eventuais.

Custos operacionais na osmose inversa envolvem gastos com:

- energia para funcionamento de bombas, sistemas de pré-tratamento, e instrumentação (estudos têm sido realizados para a recuperação de energia);

- substituição dos módulos de membrana, sendo o custo influenciado pela operação dos sistemas e pelo tempo de vida da membrana;
- mão-de-obra, que depende da região em que o sistema está instalado e do número necessário de trabalhadores;
- compostos químicos;
- filtros.

Na próxima seção está descrito o procedimento da Análise de Sensibilidade, uma ferramenta útil na avaliação de resultados. Posteriormente, é apresentada a técnica da Simulação de Monte Carlo, que considera a existência de diferentes cenários para o projeto em questão.

3.4 – Análise de Sensibilidade

No tratamento de dados para avaliação econômica de um projeto, estes são tratados como constantes, sendo que são valores aproximados de uma realidade que muda (Buarque, 1984; Souza e Clemente, 1999). É importante incluir um método de análise que possibilite aos responsáveis pelo projeto conhecerem até que ponto as variações de cada um dos componentes de custo ou receita podem alterar os resultados esperados para o mesmo.

Inicialmente é necessário definir qual método de avaliação econômica será utilizado para a análise de sensibilidade. Em seções anteriores foram descritos os métodos do Valor Presente Líquido, da Taxa Interna de Retorno e da razão Benefício/Custo, sendo que qualquer método pode ser definido como o parâmetro a ser utilizado para comparações na análise de sensibilidade, devido ao fato de estarem inter-relacionados. Lembrando, a Taxa Interna de Retorno é a taxa de desconto que anula o Valor Presente Líquido e também faz com que a razão Benefício/Custo se iguale à unidade.

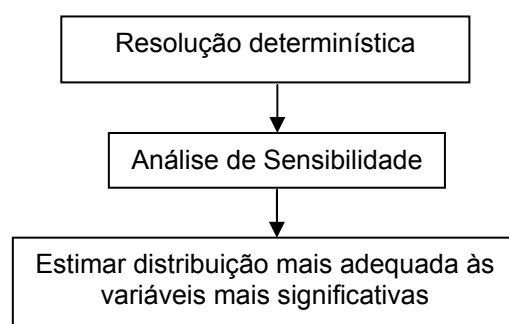
Considerando que o parâmetro definido para a análise de sensibilidade foi o Valor Presente Líquido (VPL), o mesmo deve ser determinado para o projeto, ou seja, a uma determinada taxa de desconto é obtido o Valor Presente Líquido do projeto.

A análise de sensibilidade consistirá em variar os valores para cada um dos itens, tanto os que representam receita como os que representam custo. Essa variação deve ser feita uma vez para cada item que compõe o projeto, supondo os valores dos demais itens constantes e calculando o novo valor presente líquido (este parâmetro foi o escolhido para a determinação da sensibilidade do projeto). Normalmente, utiliza-se a variação de 10% em cada um dos componentes do fluxo de caixa a serem pesquisados, sempre no sentido desfavorável para o estudo do projeto, ou seja, elevação de 10% para os itens relacionados aos custos e redução de 10% para os itens relativos às receitas.

De posse de todos os valores calculados para o valor presente líquido, realiza-se uma comparação e tendo em vista que o parâmetro do valor presente líquido é minimizado para projetos desfavoráveis, verifica-se quais itens do projeto definem os menores valores para esse parâmetro. Segundo Souza e Clemente (1999) esses itens alteram mais substancialmente o projeto e merecem um estudo mais cuidadoso, além de necessitarem de maior atenção na implantação e no funcionamento do projeto em questão. É importante notar que o projeto é tanto mais seguro quanto menor a variação do resultado final.

3.5 – Simulação de Monte Carlo

Segundo Casaroto Filho e Kopittke (2000) a geração numérica da distribuição de um indicador de avaliação econômica através da Simulação de Monte Carlo baseia-se no princípio de que a frequência relativa de ocorrência deste indicador se aproxima da probabilidade estatística de ocorrência do mesmo, se a experiência for repetida um grande número de vezes. O fluxograma do processo de simulação de Monte Carlo está demonstrado na Figura 3.1.



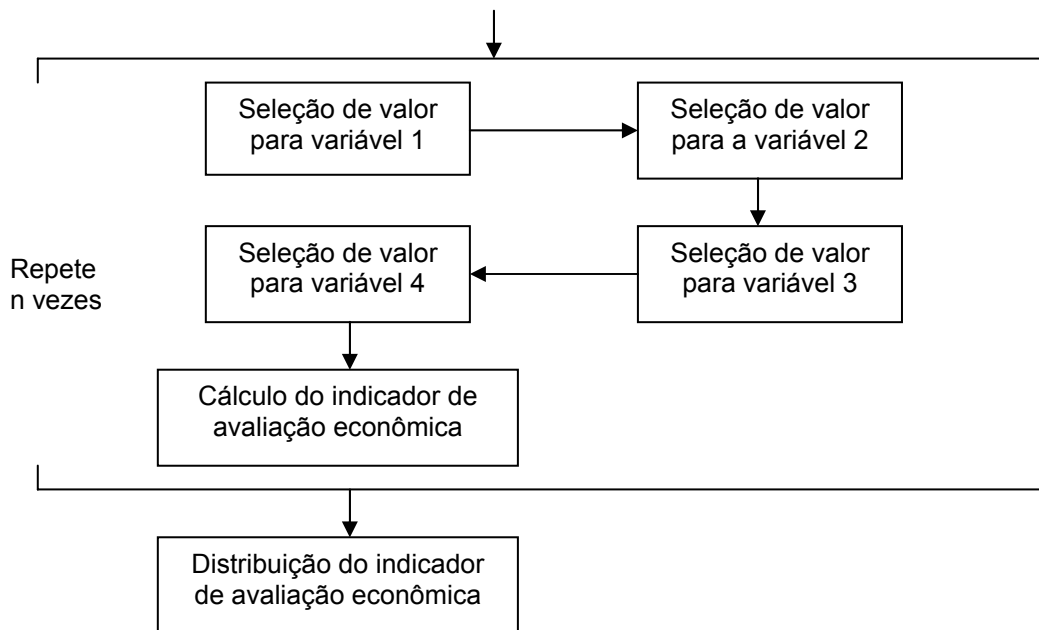


Figura 3.1 – Fluxograma para o processo de Simulação de Monte Carlo.

Fonte: Casaroto Filho e Kopittke (2000), p344, modificado.

De acordo com o fluxograma, após a análise de sensibilidade, cada um dos itens que alteram mais significativamente o projeto é associado a uma distribuição de valores, segundo uma probabilidade de ocorrência (por exemplo 10%, 20%, 70%).

Diante disso, são feitas “n” simulações com variações simultâneas dos valores desses itens e são então obtidos “n” valores para o indicador de avaliação econômica escolhido, baseados na obtenção de vários cenários para o projeto, em número suficiente para se gerar a distribuição de probabilidades do indicador de avaliação econômica em questão, que nesse caso, é o valor presente líquido.

Na seção seguinte é apresentada a metodologia que foi utilizada para a avaliação econômica do projeto de concentração de vinhoto oriundo da indústria alcooleira, que servirá como base para as considerações finais, que serão abordadas nos próximos capítulos.

3.6 – Metodologia utilizada

Nas seções anteriores foram apresentados três métodos (Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Razão Benefício/Custo) que podem ser utilizados para a avaliação econômica de um projeto, sendo que dentre essas três alternativas apresentadas para o estudo da viabilidade econômica do empreendimento em questão, optou-se pela utilização da técnica do máximo Valor Presente Líquido (VPL) a uma dada taxa tomada como a mínima de atratividade, complementada pela determinação da Taxa Interna de Retorno.

Assumindo que os investimentos do projeto de concentração de vinhoto somente ocorrem em torno do ano zero quando da aquisição dos sistemas de osmose inversa e de pré-tratamento, tem-se o Fluxo de Caixa representado basicamente pela Figura 3.2, onde cada uma das flechas voltadas para cima representa o termo $R_j - C_j$ a uma dada taxa, ocorrendo por toda a vida útil do projeto:

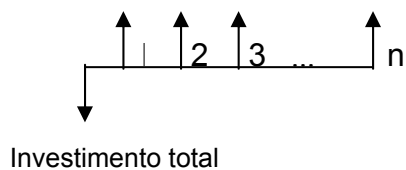


Figura 3.2: Representação gráfica do fluxo de caixa do projeto

Então, o Valor Presente Líquido pode ser obtido através da equação abaixo:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} - I \quad (2)$$

sendo que **VPL** é o valor presente líquido do projeto em questão, **n** é o tempo de vida útil do projeto, **R_j** indica o valor atual das receitas, **C_j** indica o valor atual dos custos, **i** é a taxa de desconto, e **I** indica o investimento inicial.

A avaliação do projeto mediante o Valor Presente Líquido será associada à determinação da Taxa Interna de Retorno do mesmo, assim como o tempo de retorno do capital investido.

Inicialmente é necessário avaliar o investimento para a implementação da unidade utilizada para concentrar o vinhoto, sendo designado na equação (2) por **I**,

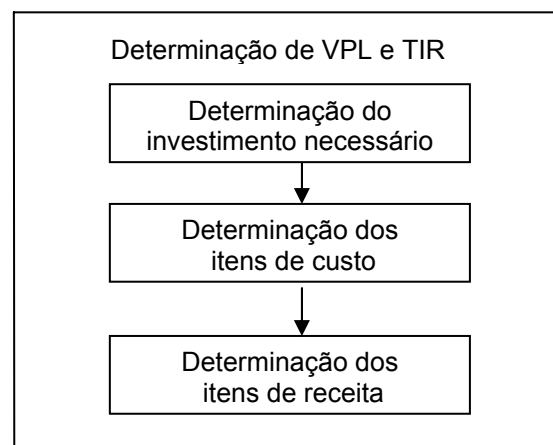
incluindo custos com a aquisição do módulo de Osmose Inversa para concentração do vinhoto e do sistema de ultrafiltração do vinhoto (etapa anterior à Osmose Inversa), de acordo com o projeto proposto.

A segunda etapa da estimativa econômica envolve o cálculo do lucro bruto da operação do projeto designado na equação (2) por $R_j - C_j$, sendo obtido pela diferença entre a receita total e os custos totais.

Os custos totais de produção envolvem custos com reagentes químicos, gastos com energia elétrica (utilizada nas bombas) e a substituição dos módulos de membranas (devido a sua natural deterioração), além dos custos decorrentes da mão-de-obra.

A receita total obtida a partir da operação do projeto será estimada tomando como base o valor econômico do produto final do processo de concentração do vinhoto, que pode vir a substituir fertilizantes comercializados no Brasil que tenham em sua composição nitrogênio, fósforo e potássio. Devido ao fato do vinhoto não ser comercializado, seu valor agregado está baseado nos teores de nutrientes de sua composição, os quais tem valor determinado no mercado de fertilizantes.

Posteriormente será feita a Análise de Sensibilidade, conforme seção 3.4, para determinação das variáveis de maior relevância para o projeto e de posse desse resultado será desenvolvida a Simulação de Monte Carlo, de acordo com seção 3.5, concluindo então a avaliação econômica do processo de concentração do vinhoto, no intuito de utilizá-lo como fertilizante. A Figura 3.3 apresenta os passos da metodologia utilizada neste trabalho.



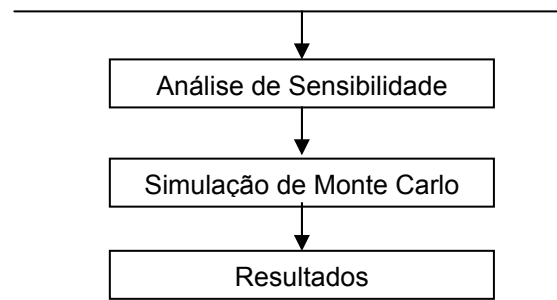


Figura 3.3 – Fluxograma com a metodologia do trabalho.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

Diante da metodologia proposta no capítulo anterior, neste capítulo estão apresentados os itens relacionados aos custos e às receitas que compõem o projeto de tratamento do vinhoto, com as respectivas considerações para a determinação do Valor Presente Líquido e da Taxa Interna de Retorno. Em seguida há a descrição do processo de Análise de Sensibilidade, para determinação dos itens que apresentam maior relevância na avaliação econômica do projeto, e é apresentada a Simulação de Monte Carlo, que nos fornece valores obtidos para o VPL mediante a obtenção de vários cenários para o projeto de concentração do vinhoto, que será utilizado como fertilizante.

4.1 – Avaliação inicial do projeto

Nesta seção é calculado o Valor Presente Líquido para um projeto de tratamento do vinhoto, com capacidade de processamento de 72 m^3 por dia, além da Taxa Interna de Retorno. O quantitativo de vinhoto produzido pela usina determinará o número de unidades de Osmose Inversa necessário para o tratamento de todo o vinhoto obtido no processo de destilação do álcool.

A implantação do projeto para concentração de vinhoto, no ano 0, requer grande investimento inicial, levando em conta a aquisição de equipamentos para o pré-tratamento do vinhoto e sua concentração por osmose inversa, cujos custos englobam despesas com os módulos de membranas, remessa e instalação dos sistemas e conexões. O preço estimado para o Sistema de Osmose Inversa foi de R\$ 70.000,00 (aproximadamente 24.000 dólares), segundo Aquapura (2003), incluindo os acessórios do sistema, que é capaz de processar 19000 galões por dia, ou seja, 72 m^3 por dia (ver Anexo IV). Nota-se que esse preço pode variar muito, devido à presença de vários acessórios. Nesse estudo foi considerada a aquisição de determinados acessórios, tais como: motor, dosador químico, membrana, descarga automática, controladores, desligamento automático e embalagem. Porém se o número de acessórios for menor a tendência é que o preço do sistema sofra

uma redução. O custo do equipamento para o pré-tratamento foi estimado em R\$ 35.000,00.

Os custos operacionais englobam os decorrentes da substituição dos módulos de membranas e utilização de reagentes químicos. Nesse projeto foi considerada a vida útil de 3 anos para o módulo de membrana, segundo dados de Ray (1992), a um custo estimado de R\$ 3.000,00 por módulo substituído. A utilização de reagentes químicos envolve um custo anual de R\$ 4.000,00.

Outros itens são analisados, como custo da energia elétrica para utilização dos sistemas de pré-tratamento e concentração do vinhoto e pagamento para realização de análises químicas de amostras de vinhoto. Foi utilizada a taxa de R\$ 0,114/kWh, segundo dados da ANEEL (2003), conforme tabela do Anexo IV, para consumo de energia elétrica da classe industrial na região sudeste do Brasil. Segundo dados de IONICS (2003) o consumo de energia elétrica foi estimado em 12 kWh por kgal (1000 galões) processados, demonstrado em tabela no Anexo IV. No processamento de 19.000 galões por dia durante os 180 dias da safra, tem-se o total de 41.040 kWh consumidos durante o ano. O custo para análise química de amostras de vinhoto, com intuito de avaliar a sua composição, foi calculado em R\$ 20,00 por amostra, de acordo com informações da UFRRJ-Campos (2002), e estimou-se a ocorrência de 5 amostras por mês, totalizando 30 análises nos seis meses da safra.

O custo decorrente de mão-de-obra para o funcionamento do projeto envolve o pagamento de um operador. Nessa estimativa não foi considerada a remuneração do supervisor, que daria um suporte ao trabalho desenvolvido e não trabalharia exclusivamente nessa atividade, pois o tratamento do vinhoto está sendo feito aproveitando ao máximo as instalações e o pessoal envolvido no processo de obtenção do álcool, de onde se origina o vinhoto. O custo decorrente da mão-de-obra, incluindo salário e encargos sociais, foi estimado em R\$ 434,15 mensais durante o período da safra (6 meses). Os diversos itens de custo que compõe o projeto de concentração de vinhoto estão apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Itens de custo decorrentes da implantação e operação do projeto de concentração do vinhoto.

Investimento Inicial	Sistema de Osmose Inversa	R\$ 70.000,00
	Sistema de Pré-tratamento	R\$ 35.000,00
Custos Anuais	Uso de reagentes químicos	R\$ 4.000,00
	Consumo de energia elétrica	R\$ 4.678,56
	Análise química do vinhoto	R\$ 600,00
	Mão-de-obra	R\$ 2.604,90
Custo Adicional por triênio	Substituição de membranas	R\$ 3.000,00

A receita alcançada pelo projeto é estimada a partir do momento em que o produto obtido, ou seja, o vinhoto concentrado, pode atuar como fertilizante substituindo os produtos comercializados para nutrição vegetal, além da quantidade de água recuperada do vinhoto processado e a economia decorrente do não pagamento de multa por desrespeito às leis vigentes de proteção ao meio ambiente, cujo valor mínimo é de R\$ 800,00 (FEEMA, 2000). Considerando a capacidade de tratamento de 72 m³ por dia do sistema de Osmose Inversa, é possível processar durante um ano, no período de safra 12.960 m³ de vinhoto. Considerando a redução de 20 vezes teremos 648 m³ de vinhoto concentrado e 12.312 m³ de permeado. Esse volume de permeado pode ser utilizado em substituição à água que normalmente é utilizada dentro da cadeia produtiva do açúcar e do álcool, diminuindo a sua captação do meio ambiente. O custo de captação de água é algo em torno de R\$ 0,008 por m³.

Considerando informações de Germek e Feigl (1987) de composição do vinhoto, demonstradas na tabela 2.2 deste trabalho e levando em consideração os valores cobrados por sacos de 50 kg (quantidade comercializada) por um revendedor de fertilizantes localizado na cidade de Campos dos Goytacazes dos elementos uréia (R\$ 49,00), superfosfato triplo (R\$ 29,90) e cloreto de potássio (R\$ 41,00), o vinhoto in natura tem o valor de R\$ 2,87 por m³. Considerando a redução de volume em 20 vezes do vinhoto através do processo de osmose inversa há um acréscimo proporcional do preço, chegando a R\$ 57,46 por m³. Porém, considerando o rendimento de 75% do processo de concentração, onde alguns nutrientes podem ainda estar presentes no permeado, utilizou-se o valor de R\$ 43,10 por m³ de vinhoto concentrado para sua utilização em substituição ao fertilizante comercial. Esses valores estão listados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Determinação do preço do vinhoto concentrado em função de sua composição química.

Fertilizante	kg / m ³ de vinhoto	Preço / 50 kg (R\$) *	Preço / m ³ (R\$)
Uréia	0,615	49,00	0,6027
Superfosfato triplo	0,435	29,90	0,26013
Cloreto de potássio	2,450	41,00	2,009
Vinhoto in natura ⇒			2,87
Vinhoto concentrado (rendimento=75%) ⇒			43,10

* Foi utilizado o preço para sacos de 50 kg por ser esta a embalagem comercializada.

Os itens de receita previstos com a implantação do projeto de concentração de vinhoto estão apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Itens de receita anual devido à operação do projeto de concentração do vinhoto.

Vinhoto concentrado	R\$ 27.928,80
Recuperação de água	R\$ 98,50
Ausência de multa	R\$ 800,00

O Fluxo de Caixa do projeto de concentração de vinhoto está apresentado no Anexo II, com a especificação dos itens utilizados para os cálculos, com seus respectivos valores unitários, e a quantidade anual consumida ou produzida. O Fluxo de Caixa traz ainda o custo total a cada ano, assim como a receita anual obtida com a venda do produto concentrado e a economia decorrente da diminuição da captação de água dos recursos hídricos e ausência de multa ambiental. Na última linha do Fluxo de Caixa tem-se o fluxo líquido anual, ou seja, o valor atual contabilizado a cada ano.

A vida útil do projeto proposto é de 10 anos, ou seja, inicia no ano 0 com a implantação do projeto e termina no ano 9. Nada impede que esse sistema continue operando após esse período, mas seria necessário avaliar novamente os custos de manutenção e verificar a possibilidade, ou mesmo a necessidade de aquisição de novos equipamentos com tecnologia mais avançada e com maior capacidade de tratamento.

A Tabela 4.4 traz os valores de fluxos líquidos anuais, que serão utilizados na determinação do Valor Presente Líquido.

Tabela 4.4: Fluxos líquidos anuais para obtenção de vinho concentrado.

Ano 0	Anos 1, 2, 4, 5, 7 e 8	Anos 3, 6 e 9
- R\$ 88.056,16	+ R\$ 16.943,84	+ R\$ 13.943,84

Observa-se que no ano 0 o fluxo líquido é negativo, ou seja, os custos são maiores que as receitas, mas do ano 1 em diante o fluxo líquido anual torna-se positivo, quando as receitas superam os custos. Uma particularidade ocorre nos anos 3, 6 e 9, devido ao acréscimo nos custos de manutenção pela substituição dos módulos de membranas, prevista para ocorrer a cada período de 3 anos de operação do projeto proposto. Ao contabilizar as receitas e os custos obtidos a cada ano e ainda avaliando os investimentos iniciais do referido projeto, através da equação 2 do Capítulo 3, chegou-se a um Valor Presente Líquido de R\$ 4.304,13 (considerando a taxa de desconto de 10%), sendo n o tempo de vida útil do projeto, para j variando do ano 0 ao ano 9, totalizando 10 anos:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{Receita_j - Custo_j}{(1 + 0,1)^j} - Investimento = 4.304,13 \quad (5)$$

4.1.1 – Considerações sobre a taxa de desconto

Neste estudo foi utilizada uma taxa de desconto de 10% ao ano, considerando que a taxa mínima de atratividade para investimento de capital seria próxima a da Caderneta de Poupança. A variação da taxa de desconto para a avaliação de um projeto faz com que projetos considerados inviáveis para uma certa taxa, sejam vistos como rentáveis, quando avaliados segundo uma outra taxa (Faro, 1995). Foram calculados para o projeto diversos valores para o Valor Presente Líquido com diferentes taxas de desconto (variando de 5 a 15%), demonstrados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Variação do Valor Presente Líquido do projeto em função da mudança na taxa de desconto.

Taxa de Desconto (%)	VPL (R\$)
5	+ 25.613,62

6	+ 20.781,16
7	+ 16.257,14
8	+ 12.017,33
9	+ 8.039,68
10	+ 4.304,13
11	+ 792,39
12	- 2.512,24
13	- 5.625,00
14	- 8.559,85
15	- 11.329,55

De acordo com a Tabela 4.5 para as taxas de 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11% o VPL é positivo, ou seja, indica um projeto viável. No entanto, se considerarmos taxas superiores (12, 13, 14 ou 15%) o projeto seria inviável economicamente, devido ao correspondente VPL ser negativo. Sendo a taxa interna de retorno (TIR) a taxa que anula o valor presente líquido do projeto, é possível a sua determinação, estando seu valor entre 11 e 12%. Através da equação (3) obtêm-se o valor de 11,23% para a TIR. Ou seja, se utilizarmos como a taxa de desconto qualquer valor superior a 11,23%, o projeto apresentará Valor Presente Líquido negativo, demonstrando a inviabilidade de execução do projeto. Por outro lado, para taxas de desconto menores que 11,23% teremos um Valor Presente Líquido positivo, indicando ser vantajoso economicamente realizar o investimento necessário para a implantação e operação do sistema de concentração do vinhoto.

4.2 – Análise de Sensibilidade

Conforme seção 3.4 deste trabalho, é realizada a Análise de Sensibilidade do projeto de concentração do vinhoto. A tabela 4.6 traz a variação de aspecto negativo para cada um dos itens relacionados, obtendo o correspondente Valor Presente Líquido (relacionados na segunda coluna). Na terceira coluna tem-se a porcentagem de variação em relação ao valor presente líquido inicial, que é de 4.304,13 (encontrado a partir dos dados originais do projeto, relacionados no Fluxo de Caixa apresentado no Anexo II). Fazendo a análise de sensibilidade para cada item do projeto, encontramos valores para VPL menores que o valor original (4.304,13),

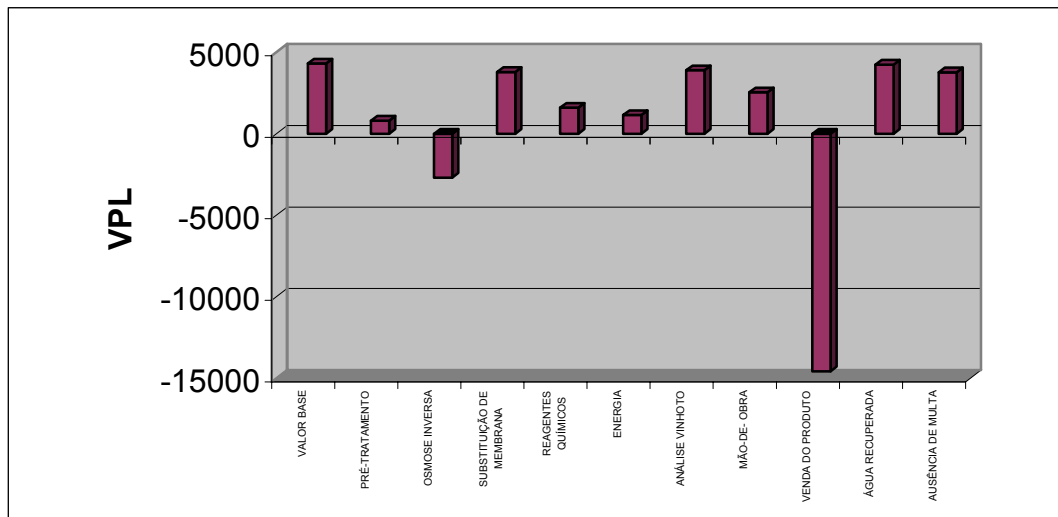
sendo que os itens de maior relevância para a rentabilidade do projeto são os que apresentam menor VPL mediante essa variação de caráter negativo.

Tabela 4.6: Análise de sensibilidade do projeto

Itens do Projeto	VPL (R\$)	Varição (%)
Sistema de Osmose Inversa	- 2.695,87	- 162,63
Sistema de pré-tratamento	804,13	- 81,32
Uso de reagentes químicos	1.600,52	- 62,81
Consumo de energia elétrica	1.141,88	- 73,47
Análise química do vinhoto	3.898,59	- 9,42
Mão-de-obra	2.543,47	- 40,91
Substituição de membranas	3.782,17	- 12,13
Vinhoto concentrado	-14.573,01	- 438,58
Recuperação de água	4.237,56	- 1,55
Ausência de multa	3.763,41	- 12,56

Diante do exposto, é possível observar que os itens Sistema de Osmose Inversa, Sistema de pré-tratamento, Vinhoto concentrado e Consumo de energia elétrica apresentaram maior impacto na rentabilidade do projeto. Ao considerar um possível aumento de 10% no custo do item Sistema de Osmose Inversa ou redução de 10% na receita obtida com a venda do Vinhoto concentrado o projeto passaria a ser inviável, já que o VPL passaria a ser negativo, -2.695,87 e -14.573,01, respectivamente, demonstrando que entre os quatro itens selecionados, estes dois devem ser cuidadosamente verificados, pois o seu correto dimensionamento influenciará de maneira contundente no sucesso de implantação da planta para concentração de vinhoto. Esses dados podem ser visualizados através da Figura 4.1.

Figura 4.1: Variação de VPL mediante a Análise de Sensibilidade do projeto



4.3 – Simulação de Monte Carlo

O processo de Simulação de Monte Carlo foi descrito na seção 3.5 do presente trabalho. No Anexo I é apresentada a metodologia desse processo para um projeto genérico, onde um determinado valor, para cada item ou variável do projeto, é obtido em função de uma probabilidade estatística de ocorrência.

Mediante a técnica de simulação, a Tabela 4.7 apresenta uma associação de valores, mediante uma dada probabilidade de ocorrência, para cada uma das variáveis probabilísticas do projeto de concentração de vinhoto, determinadas na Análise de Sensibilidade.

Tabela 4.7: Distribuição das variáveis probabilísticas do projeto de concentração de vinhoto.

Distribuição das variáveis probabilísticas do projeto							
Sist. de Pré-tratamento		Sist. de Osmose Inversa		Vinhoto concentrado		Energia	
Distribuição acumulada	Valor Simulado (R\$/unidade)	Distribuição acumulada	Valor Simulado (R\$/unidade)	Distribuição acumulada	Valor Simulado (R\$/m ³)	Distribuição acumulada	Valor Simulado (R\$/kWh)
0,10	37.000,00	0,20	71.500,00	0,15	42,00	0,10	0,120
0,90	35.000,00	0,90	70.000,00	0,85	43,10	0,90	0,114
1,00	33.000,00	1,00	68.500,00	1,00	44,00	1,00	0,110

De acordo com esses dados de distribuição, foram obtidos 100 cenários para o projeto com o correspondente Valor Presente Líquido, cujos valores estão apresentados na Tabela 4.8 (os valores obtidos estão apresentados de forma mais completa na Tabela II.2 do Anexo II).

Tabela 4.8: Valores de VPL mediante simulação das variáveis relevantes do projeto.

Simulação	VPL	Simulação	VPL	Simulação	VPL	Simulação	VPL
1	2804,16	26	8246,02	51	4304,16	76	4304,16
2	6304,16	27	639,82	52	4304,16	77	4304,16
3	2804,16	28	4304,16	53	4304,16	78	2304,16
4	4304,16	29	2304,16	54	2639,82	79	4304,16
5	4304,16	30	6581,68	55	-513,67	80	6581,68
6	8246,02	31	4304,16	56	5413,72	81	4304,16
7	9355,58	32	4304,16	57	2304,16	82	4304,16
8	2804,16	33	2804,16	58	-2178,02	83	4304,16
9	4304,16	34	2804,16	59	2304,16	84	4304,16
10	5081,68	35	-513,67	60	4304,16	85	-513,67
11	5413,72	36	-1404,11	61	4304,16	86	-2013,67
12	2804,16	37	4304,16	62	8246,02	87	-513,67
13	8246,02	38	2804,16	63	-2513,67	88	2639,82
14	595,89	39	4304,16	64	8246,02	89	2804,16
15	4639,82	40	8246,02	65	4304,16	90	4304,16
16	4304,16	41	986,33	66	8081,68	91	2304,16
17	-2178,02	42	6746,02	67	6304,16	92	-513,67
18	-513,67	43	1486,33	68	6246,02	93	-513,67
19	10855,58	44	2804,16	69	2804,16	94	4304,16
20	8246,02	45	4304,16	70	4304,16	95	4304,16
21	4304,16	46	2639,82	71	5804,16	96	6304,16
22	9355,58	47	4304,16	72	6746,02	97	4304,16
23	4304,16	48	-513,67	73	-513,67	98	-513,67
24	986,33	49	5413,72	74	4304,16	99	4304,16
25	4304,16	50	5413,72	75	639,82	100	-513,67

Com base nos valores simulados do VPL é feita uma distribuição normal dos dados e obtém-se a probabilidade do VPL ser negativo, chegando-se a percentagem de 9,84%. Ou seja, pode-se afirmar com 90,16% de confiança que o projeto de concentração de vinho é viável economicamente, para a taxa de desconto considerada de 10%. Foram também realizadas 500 e 2000 simulações, onde foi observado maior estabilidade dos dados quanto maior o número de simulações realizadas, sendo a probabilidade de VPL ser negativo igual a 7,77% e 7,70%, respectivamente.

4.4 – Cálculo do número de unidades de Osmose Inversa

Nesta seção é apresentado o dimensionamento do sistema de tratamento do vinho, ou seja, é estimado o quantitativo de unidades de Osmose Inversa que

comporão esse sistema de tratamento. O quantitativo de vinhoto produzido pela usina determinará o número de unidades de Osmose Inversa que serão necessárias para o tratamento de todo o vinhoto obtido no processo de obtenção do álcool.

Grande parte do investimento inicial para a implementação do projeto de concentração do vinhoto envolve a aquisição de unidades de Osmose Inversa, sendo que no mercado internacional um modelo com capacidade de tratamento de 19.000 galões americanos (equivalente a 72 m³) por dia tem um custo estimado de 24.000 dólares (aproximadamente R\$ 70.000,00), segundo dados da Empresa AquaPura (ver Anexo IV). Diante disso, torna-se necessário avaliar o quantitativo de vinhoto a ser processado e adequar o número de unidades do sistema de Osmose Inversa à capacidade de tratamento requerida, levando em consideração os Relatórios de acompanhamento, com posição comparada em 31/08, 15/10 e 31/01 – Safras 2000/2001 e 2001/2002 (ASFLUCAN, 2002), que estão apresentados no Anexo III.

4.4.1 - Produção de álcool na maior usina

Segundo os dados das safras 2000/2001 e 2001/2002, é possível determinar qual usina obteve a maior produção de álcool, tanto na produção diária quanto na acumulada durante toda a safra. Esses dados serão importantes para demonstrar a grande quantidade de vinhoto que poderia ser processada para obtenção de um concentrado com níveis de nutrientes capazes de substituir fertilizantes comerciais, utilizados na nutrição mineral de plantas.

Analisando o período de 45 dias decorridos entre 31/08 a 15/10 nas safras de 2000/01 e 2001/02, a usina São José apresentou a maior produção de álcool tanto na safra 2000/01 quanto na safra 2001/02, produzindo respectivamente 4.825 m³ e 4.035 m³ no período de 31/08 a 15/10, com uma média de 4.430 m³ de álcool produzidos em 45 dias, o que daria uma média diária de 100 m³ de álcool produzido.

Por outro lado, ao analisar o total acumulado de álcool produzido até o dia 31 de janeiro tanto na safra 2001/02 como na safra 2000/01, a usina Sapucaia obteve

maior produção, com 21.954 e 39.639 m³, respectivamente, dando uma média de 30.796,5 m³ de álcool produzidos durante uma safra pela maior usina.

4.4.2 - Produção de álcool na menor usina

Da mesma forma, utilizaram-se os dados das safras 2000/2001 e 2001/2002 para definir qual destilaria obteve a menor produção de álcool, seja na produção diária quanto na acumulada durante uma safra. Nesse aspecto, fica demonstrada a quantidade mínima de álcool que é produzida por uma única destilaria, e conseqüentemente torna possível estimar o quantitativo mínimo de vinhoto que poderia ser concentrado para obtenção de um fertilizante.

Ao analisar a usina de menor produção alcooleira para o período de 45 dias decorridos entre 31/08 a 15/10 nas safras de 2000/01 e 2001/02, vê-se que a usina Cupim apresentou menor produção em 2000/01, com 302 m³ enquanto a usina Carapebus produziu 350 m³ na safra 2001/02, dando origem à média de 326 m³ de álcool, com produção diária média de 8 m³ de álcool.

Analisando o total de álcool produzido na safra contabilizados até o dia 31 de janeiro, vê-se que a menor produção acumulada ocorreu na usina Carapebus na safra 2001/02 com 1.320 m³ de álcool, e na safra 2000/01 a usina Pureza obteve menor produção acumulada, com 1.623 m³ de álcool, dando uma média de 1.471,5 m³ de álcool.

4.4.3 - Produção de vinhoto

A partir dos dados de produção de álcool nas destilarias do Estado do Rio de Janeiro apresentados nas seções anteriores e considerando que para cada volume de álcool produzido obtém-se 13 volumes de vinhoto, é possível concluir que a produção diária média de vinhoto no período de 45 dias decorridos entre 31/08 a 15/10 nas safras de 2000/01 e 2001/02 nas destilarias do Estado do Rio de Janeiro é de 104 m³ nas menores destilarias e de 1.300 m³ nas maiores destilarias.

Por outro lado, numa avaliação da produção acumulada (até 31 de janeiro) de vinhoto na safra, chega-se ao valor de 400.354,5 m³ de vinhoto na maior usina e 19.129,5 m³ de vinhoto na menor usina.

4.4.4 - Dimensionamento do sistema de tratamento

De acordo com os dados de capacidade de tratamento de uma unidade de Osmose Inversa e o quantitativo de vinhoto que é produzido nas destilarias de álcool do Estado do Rio de Janeiro, apresentados nas seções anteriores, é possível observar que a capacidade de processamento de uma unidade de Osmose Inversa é menor que a quantidade de vinhoto a ser tratado. Tornou-se então necessário calcular o número de unidades que deve compor o Sistema de Osmose Inversa, no caso de tratamento de todo o vinhoto produzido na usina, estando demonstrado na Tabela 4.9.

Tabela 4.9: Demonstrativo do nº de unidades para a concentração de vinhoto

	Produção diária média de vinhoto (m³) *	Número de unidades de OI **
Menor produção	104	2
Maior produção	1.300	18

* Levantamento realizado no período de 45 dias decorridos entre 31/08 a 15/10 nas safras de 2000/01 e 2001/02 nas destilarias do Estado do Rio de Janeiro.

** Este dimensionamento foi realizado considerando que os módulos de osmose inversa estejam em paralelo. Na topologia em série há “n” estágios de concentração, cada um correspondente a um determinado grau de concentração volumétrica do vinhoto e a sua combinação com a topologia em linhas paralelas (que tende a evitar vazões altas que provocariam altas perdas de carga através dos módulos) pode reduzir o número necessário de unidades de osmose inversa (Habert, 1984).

Neste trabalho de avaliação econômica do processo de concentração de vinhoto, considerou-se o processamento de somente uma parte do vinhoto obtido nas destilarias, ou seja, o processo de concentração proposto considera a capacidade de tratamento de uma unidade de Osmose Inversa.

Diante do fato de ser a capacidade de processamento de uma unidade de Osmose Inversa inferior à quantidade de vinhoto produzido em cada uma das unidades produtoras, é possível acondicionar o vinhoto excedente da etapa de tratamento de Osmose Inversa em câmaras frigoríficas para posterior processamento após o término da safra. No entanto, não foi considerada essa hipótese no projeto porque a unidade produtora deveria usar um espaço muito grande para armazenar o vinhoto sob refrigeração, com custo muito alto. No entanto, há a opção de utilizar o vinhoto excedente do processo de concentração na fertilização de áreas próximas à usina, em associação ao uso do vinhoto concentrado por Osmose Inversa para nutrição mineral de culturas em áreas localizadas em maiores distâncias.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS

O interesse deste projeto é analisar a viabilidade do processo de concentração de vinhoto para uso como fertilizante, em substituição à adubação mineral, como alternativa para diminuição do impacto ambiental. Uma das causas de desequilíbrio ambiental está associada a práticas inadequadas de descarte desse rejeito da indústria do álcool, quando o mesmo poderia ser aproveitado como insumo para outros processos produtivos, dentro de uma política de preservação da flora e da fauna. Embora o cenário idealizado tenha como agente o vinhoto, outros tipos de rejeito podem ser reaproveitados, com objetivo de otimização das cadeias produtivas.

Para o processamento de todo o vinhoto produzido numa destilaria seria necessário adquirir mais de uma unidade de tratamento ou ainda utilizar o armazenamento sob refrigeração do vinhoto para tratamento após o fim da safra, aumentando a quantidade de vinhoto que seria tratado. Porém, neste projeto não foi considerado o armazenamento do vinhoto, que acrescentaria altos custos ao projeto, além de requerer um espaço físico com grandes dimensões. Quanto ao destino do vinhoto excedente do processo de concentração há opção de o mesmo ser utilizado na fertilização de áreas próximas à destilaria, associado ao uso do vinhoto concentrado em áreas mais distantes.

Foi realizado o cálculo para o tratamento do vinhoto numa unidade de Osmose Inversa com capacidade de tratamento de 72 m³ por dia e determinou-se o Valor Presente Líquido de R\$ 4.304,13 (considerando a taxa de desconto de 10%). A Taxa Interna de Retorno é de 11,23% e o tempo para retorno do capital investido no projeto é estimado em 10 anos.

A Análise de Sensibilidade determinou os itens do projeto que mais influenciaram na sua avaliação econômica, tais como os relacionados com o custo para aquisição do sistema de Osmose Inversa e do sistema de Pré-tratamento, os custos decorrentes do uso de energia elétrica, e o preço de venda do vinhoto concentrado, sendo o primeiro e o último item os que apresentam maior impacto na rentabilidade do projeto. A simulação de Monte Carlo foi utilizada para obtenção de

vários cenários para o projeto, mediante uma distribuição de probabilidades para os itens de maior sensibilidade do projeto. Através desta técnica, pode-se afirmar com 90,16% de confiança que o projeto é viável economicamente.

Além da substituição do fertilizante comercial, a proposta de concentração do vinhoto pode ser justificada pela diminuição do descarte de rejeitos/poluentes no meio ambiente e por diminuir a captação de água dos recursos naturais para o processamento nas destilarias de álcool.

Dentro desse contexto, sugere-se para futuros trabalhos o teste com o vinhoto concentrado na nutrição mineral de plantas, para comprovar a sua eficiência em substituição ao fertilizante comercial e evitar possíveis prejuízos à cultura.

Também se propõe o estudo de um projeto detalhado do sistema de Osmose Inversa, considerando sua construção e fornecimento por uma indústria brasileira, o que poderia apresentar custos menores e uma maior viabilidade técnica e econômica.

Finalmente, propõe-se um estudo que considere nessa análise todos os possíveis custos sociais e ambientais do não tratamento do vinhoto, fornecendo informações mais completas para a tomada de decisões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, C. , Sobral, F., Leão, L., Noronha, S., Gaspar, T. (2003) Poluição dos rios da cadeia. *O Dia*, Rio de Janeiro, 8. abr. p.3.
- Alcarde, J.C., Guidolin, J.A., Lopes, A.S. (1989) Os adubos e a eficiência das adubações. São Paulo: ANDA, 35 p. Boletim Técnico nº 3,.
- ANEEL (2003) Tarifas Médias por Classe de Consumo; http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=98 em 13/11/2003 página mantida pela ANEEL.
- AQUAPURA (2003) Tempest Environmental Systems; http://www.aquapura.com/Merchant2/merchant.mv?Screen=PROD&Store_Code=22e&Product_Code=TESRO-19000 em 22/07/2003 página mantida pela AQUAPURA.
- ASFLUCAN (2002) Relatórios de acompanhamento – Posição comparada em 31/08, 15/10 e 31/01 – Safras 2000/2001 e 2001 /2002.
- ASFLUCAN (2001) Produção de álcool nas safras de 1994/1995 a 2000/2001 do Estado do Rio de Janeiro.
- Azevedo, H.J., (2002) *Uma Análise da Cadeia Produtiva de Cana-de-Açúcar na Região Norte Fluminense*. Boletim Técnico nº 06. Campos dos Goytacazes - RJ, 50p.
- Baptistela, J.B., Scaloppi, E.J. (1986) Aspectos técnicos e econômicos da aplicação de efluentes por aspersão em cana-de-açúcar. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 7, Brasília.
- Buarque, C. (1984) *Avaliação Econômica de Projeto*. Rio de Janeiro: Campus, 266p.

- Casarotto Filho, N., Kopittke, B.H. (2000) *Análise de Investimentos*. 9.ed. São Paulo: Atlas.
- Cortez, L., Magalhães, P., Happi, J. (1992) Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. *Revista brasileira de energia*, Vol. 2, nº 2.
- Cruz, R.G. (2003) *Aplicação da tecnologia de osmose inversa no tratamento do vinhoto oriundo das indústrias alcooleiras*. Tese (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 109p.
- Faro, C. (1995) *Princípios e Aplicações do Cálculo Financeiro*. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 346p.
- FEEMA (2000) Lei Estadual nº 3467 de 14/09/2000, Seção 3, Artigos 88 e 93. Rio de Janeiro.
- FEEMA (1991) Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial, rev.5. Rio de Janeiro, 9p.
- Fraga, G.P., Abreu, C.A., Benetti, J.M. (1994) *Poluição do solo e aquífero subterrâneo pela vinhaça infiltrada sob tanques de armazenamento*. CETESB, São Paulo, 52p.
- Germeck, H.A., Feigl, G.F. (1987) Processo de redução de vinhaça. *STAB*, Piracicaba - SP, 6(4): 42-50.
- Habert, A.C. (1984) *Non-conventional sources of energy and alternatives of energy conservation*, Final Report Contract nº 11270 EEC-FINEP-COPPE.
- Habert, A.C., Borges, C.P., Nóbrega, R. (1998) *Processos de separação com membranas*, Programa de Engenharia Química, COPPE/UFRJ,.

- Hespanhol, I. (1979) Os efeitos do Programa Nacional do Álcool sobre o meio ambiente. *Energia – Fontes Alternativas*, v.1, n.5.
- Hummel, P.R.V., Taschner, M.R.B. (1992) *Análise e decisão sobre investimentos e financiamentos*. 3.ed. São Paulo: Atlas.
- IONICS (2003) Trailer or Skid-Mounted Reverse Osmosis Membrane Systems; <http://www.ionics.com/products/membrane/WaterDesalting/ro/default.htm> em 28/01/2003 página mantida pela IONICS.
- Kiehl, E.J. (1985) *Fertilizantes orgânicos*. São Paulo: Agronômica Ceres.
- Lima, R.M., Sabaa-Srur, A.U.O. (1998) Tratamento biológico do vinhoto visando reduzir o seu poder poluente. *STAB*, Piracicaba - SP, v.16, n.5, p.28-31.
- Lopes, A.S. & Guilherme, L.R.G. (1990) *Uso eficiente de fertilizantes: aspectos agrônomicos*. Boletim Técnico nº 4. São Paulo: ANDA, 60 p.
- Manhães, M. S., Souza, D., Berto, P.N.A. (2002) *Monitoramento de áreas canavieiras fertirrigadas no Norte Fluminense*. Campos dos Goytacazes - RJ.
- Marcondes Filho, C., Silva, M.J. (2001) Mar de Lama. *Revista ABM*, 57 (513):476-482.
- Orlando Filho, J., Sousa, I.C., Zambello JR, E. (1980) *Aplicação de vinhaça em soqueiras de cana-de-açúcar: economicidade do sistema caminhões-tanque*, Boletim técnico PLANALSUCAR, Piracicaba, 2(5).
- Ramos, D.P. *et al* (1978a) Aproveitamento da vinhaça como fertilizante nos solos da região açucareira do estado do Rio, *1º Relatório técnico e financeiro*, Convênio FINEP-UFRRJ.

- Ramos, D.P. *et al* (1978b) Aproveitamento da vinhaça como fertilizante nos solos da região açucareira do estado do Rio, *2º Relatório técnico e financeiro*, Convênio FINEP-UFRRJ.
- Ray, R.J. (1992) Cost Estimates - Reverse Osmosis. *Membrane Handbook*. Edited by W.S. Winston Ho and Kamalesh K. Sirkar.
- Ronaldo Super Rural Ltda (2003) *Orçamento de fertilizantes*. Campos dos Goytacazes.
- Sena, M.E.R. (1998) *Aproveitamento do Vinhoto como fertilizante e na geração de biogás através da combinação de processos com membranas e fermentação anaeróbica*. Projeto submetido à FAPERJ - E26/171.524/98-RJ.
- Silva, G.M.A., Orlando Filho, J. (1981) *Caracterização da composição química dos diferentes tipos de vinhaça no Brasil*, Boletim técnico PLANALSUCAR, Piracicaba, 3(8).
- Souza, A., Clemente, A. (1999) *Decisões financeiras e análise de investimentos: Fundamentos, Técnicas e Aplicações*. 3.ed. São Paulo: Atlas.
- Puccini, A. L. (1986) *Matemática Financeira: objetiva e aplicada*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos.
- Woiler, S., Mathias, W.F. (1996) *Projetos (Planejamento, elaboração e análise)*. São Paulo: Atlas.

ANEXO I

METODOLOGIA DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

A geração numérica de distribuição de um indicador de avaliação econômica a partir desse tipo de simulação baseia-se no princípio de que a frequência relativa de ocorrência deste indicador se aproxima da probabilidade estatística de ocorrência do mesmo, para uma experiência repetida um grande número de vezes (Casaroto Filho e Kopittke, 2000).

Com a análise de sensibilidade do projeto ficam determinados os itens que alteram mais significativamente o projeto, e cada um desses itens é associado a uma distribuição de valores, segundo uma probabilidade de ocorrência (por exemplo 10%, 20%, 70%). Na Tabela I.1 temos a distribuição de valores das variáveis probabilísticas de um projeto genérico, aqui denominadas ITEM A, ITEM B, ITEM C e ITEM D, determinadas após a análise de sensibilidade deste projeto. O ITEM A está associado a uma distribuição de valores próprios, segundo uma probabilidade, determinada pela coluna D(A), que traz a distribuição acumulada de probabilidade de ocorrência para cada valor que possa ser atribuído ao item A.

Tabela I.1: Distribuição das variáveis probabilísticas do projeto

ITEM A		ITEM B		ITEM C		ITEM D	
D(A)	Valor	D(B)	Valor	D(C)	Valor	D(D)	Valor
0,10	0,80	0,20	2700	0,15	3800	0,10	70,40
0,90	1,00	0,90	3000	0,85	4000	0,90	75,00
1,00	1,10	1,00	3500	1,00	4100	1,00	79,00

Com relação ao ITEM A, a coluna de distribuição acumulada do ITEM A é denominada D(A) e indica uma probabilidade de **10%** (0,10) de ocorrência do valor **0,80**. Observando que se trata de uma distribuição acumulada de probabilidade, em **80%** ($0,90 - 0,10 = 0,80$) dos casos espera-se que o valor correspondente ao ITEM A seja **1,00** e conseqüentemente há probabilidade de **10%** ($1,00 - 0,90 = 0,10$) de o valor do ITEM A ser **1,10**.

Essa associação de valores para o ITEM A segundo uma distribuição acumulada de probabilidade de ocorrência pode ser realizada segundo o algoritmo abaixo, com a geração aleatória de um número entre 0 e 1 num sistema computadorizado:

início;

(sendo N=Número aleatório);

(sendo V=Valor);

gerar N;

se $N < 0,10$

então $V = 0,80$;

senão

se $N < 0,90$

então $V = 1,00$;

senão $V = 1,10$;

fim.

O procedimento descrito para o ITEM A é o mesmo a ser adotado nos ITENS B, C e D, porém deve-se obedecer à distribuição acumulada de probabilidades específica para cada item do projeto, definida pela Tabela I.1. Neste estudo foram arbitrados 3 valores para cada um dos 4 itens mais relevantes do projeto, todos com suas respectivas probabilidades de ocorrência. No entanto, é possível trabalhar com um número diferente de itens que sejam relevantes ao projeto, e estes podem estar relacionados a um número menor ou maior de possíveis valores, desde que estejam associados a uma probabilidade de ocorrência.

Diante disso, são feitas diversas simulações com variações simultâneas dos valores dos ITENS A, B, C e D e são então obtidos diferentes valores para o indicador de avaliação econômica escolhido, baseados na obtenção de vários cenários para o projeto, em número suficiente para se gerar a distribuição de probabilidades do indicador de avaliação econômica, que nesse caso, é o Valor Presente Líquido.

A Tabela I.2 apresenta 10 simulações para valores que são atribuídos aos ITENS A, B, C e D, realizadas simultaneamente, obedecendo à distribuição acumulada de probabilidade de ocorrência definida na Tabela I.1 e sendo N um número aleatório entre 0 e 1, gerado por sistema computadorizado.

Tabela I.2: Simulação dos itens relevantes do projeto

Simulação	ITEM A		ITEM B		ITEM C		ITEM D	
	N	Valor	N	Valor	N	Valor	N	Valor
1	0,222	1,00	0,531	3000	0,869	4100	0,781	75,00
2	0,448	1,00	0,055	2700	0,859	4100	0,098	70,40
3	0,447	1,00	0,954	3500	0,458	4000	0,997	79,00
4	0,161	1,00	0,061	2700	0,488	4000	0,695	75,00
5	0,264	1,00	0,954	3500	0,514	4000	0,263	75,00
6	0,767	1,00	0,225	3000	0,621	4000	0,875	75,00
7	0,578	1,00	0,678	3000	0,674	4000	0,591	75,00
8	0,861	1,00	0,572	3000	0,020	3800	0,477	75,00

9	0,400	1,00	0,056	2700	0,714	4000	0,319	75,00
10	0,748	1,00	0,048	2700	0,024	3800	0,795	75,00

ANEXO II

PROJETO DE CONCENTRAÇÃO DO VINHOTO: FLUXO DE CAIXA E SIMULAÇÃO PARA VARIÁVEIS PROBABILÍSTICAS COM CORRESPONDENTE VPL

A Tabela II.1 apresenta o Fluxo de Caixa para o projeto de concentração do vinhoto, com a especificação dos itens utilizados para os cálculos, definindo seus respectivos valores unitários, a quantidade anual consumida ou produzida, assim como traz anualmente o valor total dos custos. A receita total é estimada levando em conta a venda do produto concentrado, a economia decorrente da diminuição da captação de água dos recursos hídricos e a ausência de multa ambiental. Na última linha do Fluxo de Caixa tem-se o fluxo líquido anual, ou seja, o valor atual contabilizado a cada ano. A vida útil do projeto proposto é de 10 anos, iniciando no ano 0 com a implantação do projeto e terminando no ano 9.

A Tabela II.2 traz os valores simulados para as variáveis probabilísticas do projeto, com o fluxo líquido a cada ano do projeto, e traz na última coluna o Valor Presente Líquido simulado. Com base nos valores simulados do VPL é feita uma distribuição normal dos dados e obtém-se a probabilidade do VPL ser negativo, chegando-se à porcentagem de 9,84%. Ou seja, pode-se afirmar com 90,16% de confiança que o projeto de concentração de vinhoto é viável economicamente, para a taxa de desconto considerada de 10%.

Tabela II.1: Fluxo de Caixa para projeto de concentração de vinhoto

ESPECIFICAÇÃO	UND	V.UNT.	QDE	ANO0	QDE	ANO1	QDE	ANO2	QDE	ANO3
1-DESPESAS										
1.1-EFLUENTE										
VINHOTO	m ³	0,00	12960,0	0,00	12960,0	0,00	12960,0	0,00	12960,0	0,00
1.2-EQUIPAMENTOS										
SISTEMA DE PRÉ-TRATAMENTO	R\$/UND	35.000,00	1,0	35.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SISTEMA DE OSMOSE INVERSA	R\$/UND	70.000,00	1,0	70.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.3-CUSTOS OPERACIONAIS										
SUBSTITUIÇÃO DOS MÓDULOS DE MEMBRANA	R\$/MÓDULO	3.000,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	3.000,00
REAGENTES QUÍMICOS	L	4.000,00	1,0	4.000,00	1,00	4.000,00	1,00	4.000,00	1,00	4.000,00
1.4-OUTROS INSUMOS E SERVIÇOS										
ENERGIA	KW/h	0,11	41040,0	4.678,56	41040,0	4.678,56	41040,0	4.678,56	41040,0	4.678,56
ANÁLISE DE AMOSTRAS DE VINHOTO	R\$/ANÁLISE	20,00	30,0	600,00	30,00	600,00	30,00	600,00	30,00	600,00
1.5-MÃO-DE- OBRA										
OPERADOR	R\$/mês	434,15	6,0	2.604,90	6,0	2.604,90	6,0	2.604,90	6,0	2.604,90
CUSTO TOTAL				116.883,5		11.883,5		11.883,5		14.883,5
2-RECEITAS										
2.1-VENDA DO PRODUTO	R\$/m ³	43,10	648,0	27.928,80	648,0	27.928,80	648,0	27.928,80	648,0	27.928,80
2.2-ÁGUA RECUPERADA	R\$/m ³	0,008	12312,0	98,50	12312,0	98,50	12312,0	98,50	12312,0	98,50
2.3-ECONOMIA POR AUSÊNCIA DE MULTA	R\$	800,00	1,0	800,00	1,0	800,00	1,0	800,00	1,0	800,00
RECEITA TOTAL				28.827,30		28.827,30		28.827,30		28.827,30
FLUXO LÍQUIDO				-88.056,16		16.943,84		16.943,84		13.943,84

Tabela II.1: Fluxo de Caixa para projeto de concentração de vinhoto (continuação).

QDE	ANO4	QDE	ANO5	QDE	ANO6	QDE	ANO7	QDE	ANO8	QDE	ANO9
12960,0	0,00	12960,0	0,00	12960,0	0,00	12960,0	0,00	12960,0	0,00	12960,0	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	3.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	3.000,00
1,00	4.000,00	1,00	4.000,00	1,00	4.000,00	1,00	4.000,00	1,00	4.000,00	1,00	4.000,00
41040,0	4.678,56	41040,0	4.678,56	41040,0	4.678,56	41040,0	4.678,56	41040,0	4.678,56	41040,0	4.678,56
30,00	600,00	30,00	600,00	30,00	600,00	30,00	600,00	30,00	600,00	30,00	600,00
6,0	2.604,90	6,0	2.604,90	6,0	2.604,90	6,0	2.604,90	6,0	2.604,90	6,0	2.604,90
	11.883,5		11.883,5		14.883,5		11.883,5		11.883,5		14.883,5
648,0	27.928,80	648,0	27.928,80	648,0	27.928,80	648,0	27.928,80	648,0	27.928,80	648,0	27.928,80
12312,0	98,50	12312,0	98,50	12312,0	98,50	12312,0	98,50	12312,0	98,50	12312,0	98,50
1,0	800,00	1,0	800,00	1,0	800,00	1,0	800,00	1,0	800,00	1,0	800,00
	28.827,30		28.827,30		28.827,30		28.827,30		28.827,30		28.827,30
	16.943,84		16.943,84		13.943,84		16.943,84		16.943,84		13.943,84

Tabela II.2: Valores simulados para as variáveis probabilísticas e determinação do VPL.

VALORES SIMULADOS PARA AS VARIÁVEIS PROBABILÍSTICAS					FLUXOS SIMULADOS										VPL
N	Pré-Trat.	OI	Concentrad o	Energia	ANO 0	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	
1	35.000,00	71.500,00	43,10	0,11	-89556,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	2804,16
2	33.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-86056,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	6304,16
3	35.000,00	71.500,00	43,10	0,11	-89556,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	2804,16
4	35.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-88056,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	4304,16
5	35.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-88056,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	4304,16
6	35.000,00	70.000,00	44,00	0,11	-87472,96	17527,04	17527,04	14527,04	17527,04	17527,04	14527,04	17527,04	17527,04	14527,04	8246,02
7	35.000,00	70.000,00	44,00	0,11	-87308,80	17691,20	17691,20	14691,20	17691,20	17691,20	14691,20	17691,20	17691,20	14691,20	9355,58
8	35.000,00	71.500,00	43,10	0,11	-89556,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	2804,16
9	35.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-88056,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	4304,16
10	35.000,00	71.500,00	44,00	0,12	-89219,20	17280,80	17280,80	14280,80	17280,80	17280,80	14280,80	17280,80	17280,80	14280,80	5081,68
11	35.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-87892,00	17108,00	17108,00	14108,00	17108,00	17108,00	14108,00	17108,00	17108,00	14108,00	5413,72
12	35.000,00	71.500,00	43,10	0,11	-89556,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	2804,16
13	35.000,00	70.000,00	44,00	0,11	-87472,96	17527,04	17527,04	14527,04	17527,04	17527,04	14527,04	17527,04	17527,04	14527,04	8246,02
14	35.000,00	70.000,00	42,00	0,11	-88604,80	16395,20	16395,20	13395,20	16395,20	16395,20	13395,20	16395,20	16395,20	13395,20	595,89
15	33.000,00	70.000,00	43,10	0,12	-86302,40	16697,60	16697,60	13697,60	16697,60	16697,60	13697,60	16697,60	16697,60	13697,60	4639,82
16	35.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-88056,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	4304,16
17	35.000,00	70.000,00	42,00	0,12	-89015,20	15984,80	15984,80	12984,80	15984,80	15984,80	12984,80	15984,80	15984,80	12984,80	-2178,02
18	35.000,00	70.000,00	42,00	0,11	-88768,96	16231,04	16231,04	13231,04	16231,04	16231,04	13231,04	16231,04	16231,04	13231,04	-513,67
19	35.000,00	68.500,00	44,00	0,11	-85808,80	17691,20	17691,20	14691,20	17691,20	17691,20	14691,20	17691,20	17691,20	14691,20	10855,58
20	35.000,00	70.000,00	44,00	0,11	-87472,96	17527,04	17527,04	14527,04	17527,04	17527,04	14527,04	17527,04	17527,04	14527,04	8246,02
21	35.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-88056,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	4304,16
22	35.000,00	70.000,00	44,00	0,11	-87308,80	17691,20	17691,20	14691,20	17691,20	17691,20	14691,20	17691,20	17691,20	14691,20	9355,58
23	35.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-88056,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	4304,16
24	35.000,00	68.500,00	42,00	0,11	-87268,96	16231,04	16231,04	13231,04	16231,04	16231,04	13231,04	16231,04	16231,04	13231,04	986,33
25	35.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-88056,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	4304,16
26	35.000,00	70.000,00	44,00	0,11	-87472,96	17527,04	17527,04	14527,04	17527,04	17527,04	14527,04	17527,04	17527,04	14527,04	8246,02
27	37.000,00	70.000,00	43,10	0,12	-90302,40	16697,60	16697,60	13697,60	16697,60	16697,60	13697,60	16697,60	16697,60	13697,60	639,82
28	35.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-88056,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	4304,16
29	37.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-90056,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	2304,16
30	35.000,00	70.000,00	44,00	0,12	-87719,20	17280,80	17280,80	14280,80	17280,80	17280,80	14280,80	17280,80	17280,80	14280,80	6581,68
31	35.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-88056,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	4304,16
32	35.000,00	70.000,00	43,10	0,11	-88056,16	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	16943,84	16943,84	13943,84	4304,16

ANEXO III

PRODUÇÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO NF

A seguir estão apresentadas as Tabelas III.1, III.2 e III.3 com os relatórios de acompanhamento da Associação Fluminense dos Plantadores de Cana (ASFLUCAN), para as safras de 2000/2001 e 2001/2002, com posição comparada em 31/08, 15/10 e 31/01, respectivamente. Esses dados serviram de base para a determinação do volume de álcool produzido em cada usina do Estado do Rio de Janeiro, e em consequência determinou-se o quantitativo do vinhoto produzido, para o dimensionamento da capacidade requerida de tratamento.

Tabela III.1: Relatório de Acompanhamento – Posição comparada em 31/08 - Safras 2000/2001 e 2001/2002.

Usinas	Safras	Açúcar (sacas 50 kg)				Melaço (ton)		Alcool (m ³)				Canas esmagadas (ton.)	Rendimento industrial (Ks.açúcar/ton)
		Produção	Saídas		Estoque	Produção	Estoque	Produção		Estoque			
			M.Interno	M.Externo				Hidratado	Anidro	Hidratado	Anidro		
Agrisa	2001/02	-	-	-	-	-	-	1.631	2.544	24	759	71.290	85,03
	2000/01	-	-	-	-	-	-	604	2.884	175	1.338	52.209	97,78
Barcelos	2001/02	283.900	256.840	-	27.060	12.400	-	5.622	-	87	-	219.123	90,06
	2000/01	394.240	202.600	-	191.640	14.722	70	6.169	522	41	5	251.129	102,93
Carapebus	2001/02	105.840	88.000	-	17.840	2.770	-	970	-	-	-	66.157	87,05
	2000/01	203.080	165.980	-	37.100	3.640	92	1.275	-	-	-	93.866	108,86
Cupim	2001/02	360.040	323.040	-	37.000	7.916	-	2.770	-	-	-	194.852	96,68
	2000/01	399.240	311.060	-	88.180	6.761	78	2.406	-	104	-	215.021	92,76
Paraiso	2001/02	386.120	224.980	-	161.140	15.838	762	4.564	-	2.674	-	259.542	86,56
	2000/01	512.260	309.900	-	202.360	19.571	372	5.493	-	1.228	-	317.740	91,29
Pureza	2001/02	74.960	23.640	-	51.320	3.949	58	1.203	-	253	-	71.668	71,59
	2000/01	82.680	15.780	-	66.900	2.249	144	743	-	264	-	67.192	66,64
Quissamã	2001/02	153.900	145.580	-	8.320	3.752	-	1.315	-	-	-	95.004	86,72
	2000/01	324.040	249.120	-	74.920	6.391	63	2.237	-	-	-	157.224	105,53
Santa Cruz	2001/02	869.120	234.980	120.000	514.140	16.396	232	3.314	5.859	1.992	4.222	496.114	99,41
	2000/01	1.080.200	267.040	280.000	533.160	21.483	967	3.351	9.623	1.263	5.413	593.295	107,29
São José	2001/02	228.700	217.920	-	10.780	9.852	337	5.974	1.132	966	199	212.610	92,26
	2000/01	279.740	212.580	-	67.160	11.788	38	8.096	551	467	5	210.374	113,54
Sapucaia	2001/02	1.015.200	602.540	350.020	62.640	48.720	125	7.037	12.193	517	-	741.579	94,37
	2000/01	1.537.140	847.080	616.460	73.600	65.306	187	2.179	32.677	175	-	1.093.287	105,06
Total em 31/08/01		3.477.780	2.117.520	470.020	890.240	121.593	1.514	34.400	21.728	6.513	5.180	2.427.939	90,78
Total em 31/08/00		4.812.620	2.581.140	896.460	1.335.020	151.911	2.011	32.553	46.257	3.717	6.761	3.051.337	102,77

Fonte: ASFLUCAN (2002)

Tabela III.2: Relatório de Acompanhamento – Posição comparada em 15/10 - Safras 2000/2001 e 2001/2002.

Usinas	Safras	Açúcar (sacas 50 kg)				Melaço (ton)		Alcool (m ³)				Canas esmagadas (ton.)	Rendimento industrial (Ks.açúcar/ton)
		Produção	Saídas		Estoque	Produção	Estoque	Produção		Estoque			
			M.Interno	M.Externo				Hidratado	Anidro	Hidratado	Anidro		
Agrisa	2001/02	-	-	-	-	-	-	2.352	2.827	313	603	86.770	86,46
	2000/01	-	-	-	-	-	-	914	3.064	211	980	63.015	92,20
Barcelos	2001/02	309.940	303.520	-	6.420	13.496	1.003	5.137	-	61	-	233.842	86,06
	2000/01	465.760	323.960	-	141.800	18.424	93	7.931	522	129	-	303.553	103,15
Carapebus	2001/02	114.340	114.040	-	300	3.767	-	1.320	-	-	-	69.985	94,42
	2000/01	266.220	263.180	-	3.040	5.240	-	1.835	-	-	-	127.867	106,57
Cupim	2001/02	511.660	433.580	-	78.080	11.092	-	3.900	-	-	-	273.228	97,80
	2000/01	501.540	457.780	-	43.760	8.466	74	2.708	-	-	-	279.872	87,93
Paraiso	2001/02	466.360	263.740	-	202.620	16.923	-	4.920	-	1.121	-	310.288	84,74
	2000/01	560.320	376.440	-	183.880	21.509	-	6.074	-	588	-	342.803	92,83
Pureza	2001/02	101.160	39.360	-	61.800	5.262	-	1.621	-	115	-	102.788	63,13
	2000/01	114.580	15.800	-	98.780	3.766	-	1.523	-	157	-	93.824	73,60
Quissamã	2001/02	209.100	200.700	-	8.400	5.552	-	1.945	-	-	-	126.229	90,46
	2000/01	423.400	369.440	-	53.960	9.034	-	3.165	-	-	-	214.952	102,46
Santa Cruz	2001/02	1.246.440	337.200	121.420	787.820	23.084	-	5.091	7.836	2.934	5.147	693.385	101,50
	2000/01	1.387.080	392.040	280.000	715.040	26.329	438	3.828	11.421	1.675	6.782	755.915	105,42
São José	2001/02	255.780	248.520	-	7.260	11.202	-	10.007	1.134	297	-	275.698	95,99
	2000/01	355.960	253.000	-	102.960	14.595	91	12.921	551	244	-	326.119	103,92
Sapucaia	2001/02	1.104.420	745.760	350.020	8.640	55.737	-	9.761	12.193	-	-	855.631	90,62
	2000/01	1.910.900	930.940	973.880	6.080	75.319	349	2.322	36.712	7	-	1.318.462	103,52
Total em 15/10/01		4.319.200	2.686.420	471.440	1.161.340	146.115	1.003	46.054	23.990	4.841	5.750	3.027.844	92,32
Total em 15/10/00		5.985.760	3.382.580	1.253.880	1.349.300	182.682	1.045	43.221	52.270	3.011	7.762	3.826.382	100,92

Fonte: ASFLUCAN (2002)

Tabela III.3: Relatório de Acompanhamento – Posição comparada em 31/01 - Safras 2000/2001 e 2001/2002.

Usinas	Safras	Açúcar (sacas 50 kg)				Melaço (ton)		Alcool (m ³)				Canas esmagadas (ton.)	Rendimento industrial (Ks.açúcar/ton)
		Produção	Saídas		Estoque	Produção	Estoque	Produção		Estoque			
			M.Interno	M.Externo				Hidratado	Anidro	Hidratado	Anidro		
Agrisa	2001/02	-	-	-	-	-	-	2.385	2.797	-	354	86.770	86,49
	2000/01	-	-	-	-	-	-	914	3.064	131	136	63.015	92,20
Barcelos	2001/02	309.940	309.940	-	-	13.579	-	5.137	-	32	-	233.842	86,06
	2000/01	465.760	452.700	-	13.060	18.424	-	7.931	522	58	-	303.553	103,15
Carapebus	2001/02	114.340	114.340	-	-	3.767	-	1.320	-	-	-	69.985	94,42
	2000/01	294.000	292.000	-	2.000	6.587	-	2.310	-	-	-	148.366	104,15
Cupim	2001/02	544.120	544.120	-	-	12.400	-	4.340	-	-	-	291.289	98,49
	2000/01	566.660	564.180	-	2.480	10.162	-	3.557	-	-	-	312.553	91,83
Paraiso	2001/02	466.360	380.000	-	86.360	16.923	-	4.920	-	1.046	-	310.288	84,74
	2000/01	560.320	420.720	-	139.600	21.509	-	6.074	-	269	-	342.803	92,82
Pureza	2001/02	118.460	115.280	-	3.180	5.922	-	1.837	-	208	-	125.180	60,01
	2000/01	119.080	88.349	-	30.731	4.596	-	1.623	-	-	-	99.985	72,35
Quissamã	2001/02	217.880	217.880	-	-	6.255	-	2.190	-	-	-	130.535	92,92
	2000/01	438.380	438.380	-	-	9.707	-	3.400	-	-	-	223.399	102,85
Santa Cruz	2001/02	1.240.540	724.400	121.420	394.720	23.084	-	5.242	7.836	515	2.742	693.385	101,45
	2000/01	1.407.220	697.040	280.000	430.180	27.632	949	4.377	11.545	1.152	4.153	768.206	106,06
São José	2001/02	255.780	255.780	-	-	11.202	-	11.550	1.134	-	-	275.698	103,93
	2000/01	355.960	326.240	-	29.720	14.665	-	13.648	551	-	-	334.162	104,50
Sapucaia	2001/02	1.104.420	754.400	350.020	-	55.737	-	9.761	12.193	-	-	855.631	90,62
	2000/01	1.946.580	934.060	1.012.040	480	76.725	-	2.322	37.317	-	-	1.338.742	103,72
Total em 31/01/02		4.371.840	3.416.140	471.440	484.260	148.869	-	48.682	23.960	1.801	3.096	3.072.603	92,85
Total em 31/01/01		6.153.960	4.213.669	1.292.040	648.251	190.007	949	48.306	50.849	1.615	4.507	3.934.784	101,21

Fonte: ASFLUCAN (2002)

ANEXO IV

DADOS DE FORNECEDORES

Neste Anexo são apresentados dados utilizados para os cálculos de avaliação econômica do processo de concentração do vinhoto.

IV.1 – Tempest Environmental Systems, da Empresa Aquapura;

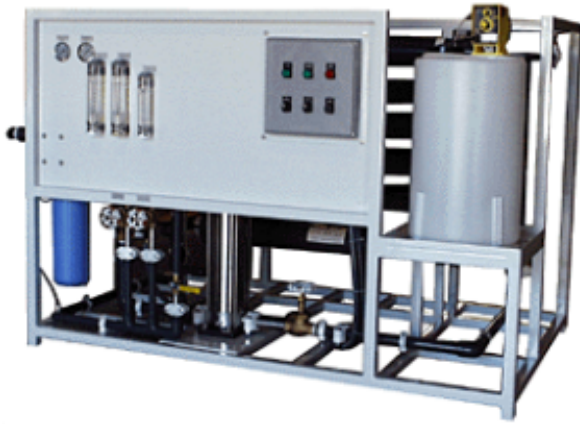
IV.2 – Tarifas médias de energia elétrica;

IV.3 – Trailer or Skid-Mounted Reverse Osmosis Membrane Systems, da Empresa Ionics;

IV.4 – Orçamento de fertilizantes.

IV.1 – Tempest Environmental Systems, da Empresa Aquapura;

Quantity in Basket: none
Part Number: TESRO-19000
List Price: \$15,580.00



- Motor Options:**
- B. Stainless Steel Pump
Price: \$490.00
 - M. 50 Hz Motor
Price: \$890.00
 - Chemical Dosing
Price: \$1250.00
 - Cold Water Membrane
Price: \$780.00
 - Recycle
Price: \$285.00
 - Recycle Flow Meter
Price: \$195.00
 - Auto Flush
Price: \$670.00
 - TDS Monitor/Controller
Price: \$470.00
 - pH Monitor/Controller
Price: \$600.00
 - 400 psi Fiberglass Vessels
Price: \$2760.00
 - 300 psi 304SS Vessels
Price: \$2040.00
 - 250 psi Fiberglass Vessels
Price: \$2280.00
 - Sample Ports (3 Ports)
Price: \$160.00
 - Prefilter Guages
Price: \$150.00
 - Auto Reset
Price: \$175.00
 - Crating
Price: \$570.00

Special instructions or comments:

Basket Contents Total: \$ 0.00

**TESRO SERIES REVERSE OSMOSIS SYSTEMS
19,000 GALLONS PER DAY**

The Base Unit Includes:

Options

- On/off switch with motor starter
- 304SS Multistage pump (230-460V/60Hz/3Ph) TEFC Motor
- Acrylic flow meters, permeate and concentrate
- A. Chemical Dosing
- B. Stainless Steel Pump
- C. Cold Water Membrane
- D. Recycle

- 5-micron sediment prefilter
- Low Pressure Switch
- High Rejection TFC Membrane
- PVC Pressure Vessels
- Contacts for Level Control and Pre-treatment Lockout
- Pump throttle valve
- Concentrate Control Valve
- Automatic Feed Shut-off Valve
- Schedule 80 Piping
- 2 Coat Epoxy Frame
- E. Recycle Flow Meter
- F. Auto Flush
- G. TDS Monitor
- H. pH Monitor/Controller
- I1. 400 psi Fiberglass Vessels
- I2. 300 psi 304SS Vessels
- I3. 250 psi Fiberglass Vessels
- J. Sample Ports
- K. Prefilter Guages
- L. Auto Reset
- M. 50 Hz Motor
- N. Crating

IV.2 – Tarifas médias de energia elétrica;

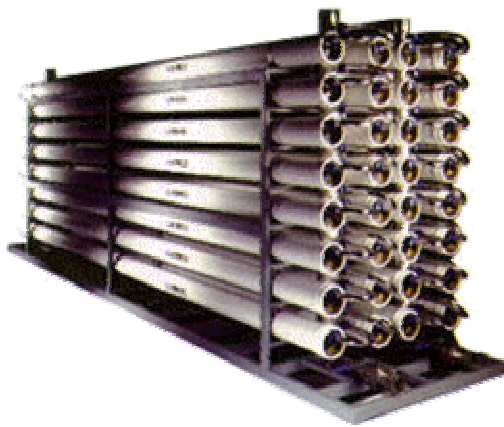
Tabela IV.1: Tarifas Médias por Classe de Consumo

Tarifas referentes ao ano 2003 – Janeiro e Agosto – Regional e Brasil (R\$/MWh)						
Classe de Consumo	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Brasil
Residencial	201,59	187,44	253,42	227,80	216,61	233,40
Industrial	67,23	84,58	114,08	120,23	120,16	108,02
Comercial	185,18	187,00	213,49	196,97	202,47	204,78
Rural	144,43	117,33	143,00	117,79	130,46	128,18
Poder Público	199,16	197,20	212,55	204,81	207,84	206,63
Iluminação Pública	118,49	115,24	135,57	121,68	118,40	126,56
Serviço Público	126,58	108,85	120,13	128,17	116,39	119,08
Consumo Próprio	199,39	210,42	99,64	100,47	229,21	116,98
Tarifa Média Total	131,94	174,53	161,36	124,42	173,88	161,93

Fonte: ANEEL (2003)

IV.3 – Trailer or Skid-Mounted Reverse Osmosis Membrane Systems, da Empresa Ionics;

Trailer or Skid-Mounted Reverse Osmosis Membrane Systems



[How RO Works](#)

Put Ionics RO to Work on Your Water

If you need better quality process water or if you need to cut the costs of water treatment, Ionics RO is the right tool. RO is a time-proven and reliable pressure-driven process that nearly eliminates salts and impurities from

water with advanced synthetic membrane filters. And with Ionics' extensive experience, the RO process

becomes your direct line to controlling water quality and treatment costs.

Ionics is a world leader in the supply and operation of membrane-based water treatment systems, with experience proven in thousands of installations. Ionics expertly engineers trailer and skid-mounted RO systems for temporary contracts and permanent use throughout the public and private sectors. Today, Ionics RO systems serve semiconductor, pharmaceutical and petrochemical manufacturers, nuclear and fossil power generators, and public water suppliers worldwide.

Cut DI Water Costs

RO is cost-effective pretreatment for ion-exchange demineralization that pays for itself. With RO, ion exchangers operate much longer and more efficiently, and that means lower treatment costs for boiler makeup and ultrapure process waters.

The RO Payback

- Acid and Caustic Chemicals
- Resins
- Labor
- Waste Neutralization and Disposal

RO unloads 95 to 99% of the dissolved salts, TOC and silica from your water supply to multiply ion-exchanger throughput and extend the time between bed regenerations more than 20-fold. Operating costs are immediately economized with the reductions in chemical consumption and regenerant wastes.

The RO process also takes out TOC, colloids and biological materials to minimize resin fouling by troublesome organics. Resin regenerations are simpler and, with the reduction in regeneration frequency, result in longer resin life.

Develop New Water Resources

In a single step, RO filters, softens and disinfects brackish and seawater resources to produce water that easily meets the EPA's regulations on surface water treatment and safe drinking water. RO clears away naturally occurring organics and minerals, as well as contaminants from pollution.

RO effectively reduces salts, hardness, nitrates, pesticides, color, bacteria, viruses, and the precursors of disinfection byproducts.

Ionics RO Systems

Ionics custom-designs systems and prepackages standardized membrane process plants for fast delivery and easy integration into any new or existing water treatment facility. With a single electrical interface and the necessary hydraulic connections, Ionics RO systems are on line delivering demineralized water at capacities from 50 gpm to millions of gallons per day.

Ionics can help you through the entire project - environmental permitting, pretreatment, clean-in-place and auxiliary subsystems, PLC control for remote operation, data acquisition and analysis, own and operate services - to deliver the RO-treated water you need. Put Ionics RO to work on your water.

Pretreatment

Pretreatment is typically required to insure stable, long-term RO system performance and membrane life. In general, surface, sea and wastewaters require more pretreatment than well water supplies. Pretreatment may include clarification, filtration, ultrafiltration, pH adjustment, removal of free chlorine, antiscalant addition and 5micron cartridge filtration.

RO Membrane Elements

Based on superior membrane properties (high rejection of TDS, silica and TOC and excellent chemical and biodegradation resistance), Ionics uses spiral-wound thin-film composite RO elements manufactured by all the industry's leaders. With large-volume buying power, Ionics is a low cost supplier of membranes and system spare parts, antiscalants and membrane system cleaning chemicals, cartridge filters, and UV sterilizers.

RO System Design

Spiral-wound RO membrane elements are housed in cylindrical pressure vessels, with as many as seven interconnected elements per vessel. Vessels piped in parallel constitute a single hydraulic stage, which typically yields 50% recovery of product water based on the feed rate. The first-stage concentrate usually feeds one or more downstream stages. Two-stage systems yield about 75% recovery; three-stage systems yield about 85%, depending on concentrate chemistry. Pressure vessels are staged in a tapered array to provide adequate feed/concentrate flowrates and maintain proper differential operating pressures

Ionics completely integrates trailer and skid-mounted systems for simple installation and operation. Standard units are alarmed for feed pressure and equipped for remote operation with automatic start/stop signals from a level sensing switch at the product water tank. Standard components include 5-micron cartridge filter, multistage centrifugal feed pump and conductivity meters. Options include PLC control, additional alarm points, pH meter and control, clean-in-place (CIP) and chemical addition subsystems, variable frequency drive pumps, remote monitoring and comprehensive SCADA packages to enhance system analysis interface.

Typical RO System Specifications

System	Brackish Water Skid	Brackish Water Trailer	Seawater Trailer
Production	200 gpm	400 gpm	400 gpm
Installation	8 ft x 22 ft skid	48 ft highway trailer	2 x 48 ft highway trailers
Breaker Size	150 amps	300 amps	2 x 500 amps
Electrical Connection	480 V / 3 phase / 60 Hz	480 V / 3 phase / 60 Hz	480 V / 3 phase / 60 Hz
Power Consumption	3 - 5 kWh/kgal product	3 - 5 kWh/kgal product	12 - 17 kWh/kgal product
Feed Connection (Pressure Regulated)	4" PVC 267 gpm @ 10 psi	6" PVC 533 gpm @ 10 psi	8" PVC 888 gpm @ 15 psi
Waste Connection	4" PVC 67 gpm @ 2 psi (size for 267 gpm)	6" PVC 133 gpm @ 2 psi (size for 533 gpm)	8" PVC 444 gpm @ 2 psi (size for 888 gpm)
Product Connection	3" PVC 200 gpm @ 30 psi	6" PVC 400 gpm @ 30 psi	6" PVC 400 gpm @ 30 psi

**FOR APPLICATION AND DESIGN
INFORMATION**

Address: 65 Grove Street
PO Box 9131
Watertown, MA 02272-9131

Phone: (617) 926-2500

E-Mail CorpMark@postoffice.ionics.com

IV.4 – Orçamento de fertilizantes.

Tabela IV.2: Valor comercial de fertilizantes

Produto (sacos de 50 kg)	Valor (R\$)
Uréia	49,00
Superfosfato triplo	29,90
Cloreto de potássio	41,00

Fonte: Ronaldo Super Rural Ltda (2003).