

UNIVERSIDADE PAULISTA

**ANÁLISE FINANCEIRA E EMERGÉTICA NA
TOMADA DE DECISÃO EM UNIDADES DE
RECICLAGEM DE CURTUMES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP para obtenção do Título de Mestre.

LUCIANO CÉSAR DE MORAES

SÃO PAULO

2005

UNIVERSIDADE PAULISTA

ANÁLISE FINANCEIRA E EMERGÉTICA NA TOMADA DE DECISÃO EM UNIDADES DE RECICLAGEM DE CURTUMES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP para obtenção do Título de Mestre.

Área de concentração: Produção e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Produção mais Limpa e Ecologia Industrial.

Orientador Prof. Dr. Biagio F. Giannetti
Co-Orientadora Profa. Dra. Cecília M.V.B.Almeida

SÃO PAULO

2005

DEDICAÇÃO

*Dedico este trabalho a minha esposa
Jaqueline, companheira e amiga, que
sempre me deu força, apoiando-me
em todos os desafios.*

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Dr. Biagio F. Giannetti, o mais sincero agradecimento pelos seus ensinamentos, pela dedicação, paciência, incentivo e ajuda em todos os momentos.

À minha co-orientadora Profa. Dra. Cecília M.V.B. Almeida pelas observações, sempre pertinentes, feitas para o desenvolvimento deste trabalho.

À Profa. Dra. Silvia Helena Bonilla por suas observações e sugestões.

Ao Prof. Dr. Carlos V. D'Alkaine por suas excelentes sugestões usadas no aprimoramento deste trabalho, pelo seu exemplo de vida e pelas palavras certas no momento certo.

À Universidade Paulista – UNIP pela bolsa concedida.

Aos funcionários da secretaria de pós-graduação da UNIP.

Aos meus pais, Benedito e Laura, minha infinita gratidão por serem exemplos de dedicação, simplicidade e sabedoria.

Aos colegas de UNIP pelo incentivo e conselhos.

A todos os meus amigos que direta ou indiretamente contribuíram e incentivaram na execução deste trabalho.

A Deus que me protege todos os dias da minha vida.

Sumário

Lista de figuras	
Lista de tabelas	
Lista de abreviações	
Glossário	
Resumo	
Abstract	
1. Introdução.....	1
2. Fundamentos Teóricos	4
2.1. Análise Financeira	5
2.2. Análise Emergética	7
3. Revisão bibliográfica.....	14
3.1. Análise econômica	16
3.2. Análise emergética.....	17
3.3. Ferramenta gráfica para tomada de decisões.....	20
4. Projeto em estudo.....	22
5. Avaliação financeira e emergética.....	29
5.1. Métodos e estimativas.....	30
5.1.1 Estimativas dos recursos pagos e não pagos	32
5.1.2 Benefícios identificados	38
5.1.3 Procedimentos para contabilidade financeira	39
5.1.4 Procedimentos para contabilidade emergética	41
5.2. Resultados e discussão	46
5.2.1 Análise financeira	46
5.2.2 Análise emergética	56
6. Discussões Finais	67
Conclusões	71
Sugestões para trabalhos futuros	73
Referencias Bibliográficas	75
Anexos	78

Lista de figuras

Figura 1 – Símbolos para utilização nos diagramas emergéticos.....	9
Figura 2 – Diagrama de energia.....	10
Figura 3 – Diagrama triangular.....	12
Figura 4 – Propriedade soma das coordenadas.....	13
Figura 5 – Fluxograma de recuperação dos banhos residuais de caleiro.....	26
Figura 6 – Fluxograma de reciclagem do insumo cromo.....	27
Figura 7 – Fluxograma do sistema depurador dos efluentes.....	28
Figura 8 - Diagrama de energia da estação de tratamento de efluentes líquidos sem as unidades de reciclagem de caleiro e insumo cromo	31
Figura 9 - Diagrama de energia da estação de tratamento de efluentes líquidos com unidades de reciclagem de caleiro e insumo cromo em seus processos	32
Figura 10 - Eficiência do tanque de tratamento secundário na redução da DBO ₅ sem unidades de reciclagem nos processos do curtume.....	35
Figura 11 - Eficiência do tanque de tratamento secundário na redução da DBO ₅ com unidades de reciclagem nos processos do curtume.....	36
Figura 12 - Climatologia de Precipitação de Porto Alegre–RS.....	37
Figura 13 – Balanço de Massa do Processo de Depilação e Caleiro e da Unidade de Reciclagem de Caleiro.....	38
Figura 14 – Coordenadas do Diagrama Triangular para Análise Econômica.....	43
Figura 15 - Percentual dos custos operacionais da unidade de reciclagem de caleiro.....	43
Figura 16 - Percentuais dos Custos operacionais anuais da unidade de reciclagem de cromo.....	44
Figura 17- Percentual dos Custos operacionais anuais da Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos.....	44
Figura 18 - Coordenadas do Diagrama Triangular para Análise Emergética	45
Figura 19 - Diagrama Triangular com a “Linha do Jogo de Empate”	46
Figura 20 - Percentuais dos investimentos totais para construção das unidades de reciclagem de E.T.E. Líquidos.....	47

Figura 21 - Diagrama Triangular Financeiro das unidades de reciclagem.....	52
Figura 22 - Diagrama Triangular Financeiro das estações de tratamento de efluentes líquidos.....	53
Figura 23 - Diagrama Triangular Financeiro com o <i>payback</i> do investimento na unidade de reciclagem de calcário.....	55
Figura 24 - Diagrama Triangular Financeiro com o <i>payback</i> do investimento na unidade de reciclagem de cromo	56
Figura 25 - Diagrama Triangular Emergético das unidades de reciclagem	63
Figura 26 - Diagrama Triangular Emergético das estações de tratamento de efluentes.....	64
Figura 27 - Diagrama Triangular Emergético com o <i>payback</i> do investimento na unidade de reciclagem de calcário	65
Figura 28 - Diagrama Triangular Emergético com o <i>payback</i> do investimento na unidade de reciclagem de cromo	66

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Características do curtume em estudo.....	23
Tabela 2 – Dados de um curtume italiano que processa 8.000 kg/dia de pele	35
Tabela 3 – Formato das tabelas de análise financeira utilizadas no estudo.....	40
Tabela 4 – Preços dos insumos químicos.....	41
Tabela 5 – Formato das tabelas de análise emergéticas utilizadas no estudo.....	42
Tabela 6 - Energia por unidade.....	42
Tabela 7 - Rateio dos investimentos por unidade de tratamento	47
Tabela 8 - Relação de outros investimentos.....	47
Tabela 9 - Custos operacionais anuais da estação de tratamento de efluentes líquidos sem unidades de reciclagem em seus processos	48
Tabela 10 - Custos operacionais anuais da unidade de reciclagem de caleiro.....	49
Tabela 11 - Economia Anual com a unidade de reciclagem de caleiro	49
Tabela 12 - Custos operacionais anuais da unidade de reciclagem de cromo	50
Tabela 13 - Economia Anual com a unidade de reciclagem de cromo.....	50
Tabela 14 - Custos operacionais anuais da estação de tratamento de efluentes líquidos com unidades de reciclagem em seus processos.....	51
Tabela 15 - Economia Anual na estação de tratamento de efluentes líquidos com as unidades de reciclagem em seus processos.....	51
Tabela 16 - Demonstrativo de <i>Payback</i> do investimento realizado na unidade de reciclagem de caleiro	54
Tabela 17 - Demonstrativo de <i>Payback</i> do investimento realizado na unidade de reciclagem de insumo cromo	54
Tabela 18 - Análise Emergética da Estação de tratamento de efluentes líquidos (ETE) sem unidades de reciclagem nos processos de curtimento do couro	57
Tabela 19 - Análise Emergética da Estação de Reciclagem do caleiro	58
Tabela 20 - Benefícios Gerados com a Reciclagem de Caleiro	59
Tabela 21 - Análise Emergética da Estação de Reciclagem do cromo	60
Tabela 22 - Benefícios Gerados com a Reciclagem de Cromo	60
Tabela 23 - Análise Emergética da Estação de tratamento de efluentes líquidos (ETE) com reciclagem	61

Tabela 24 - Benefícios Gerados na ETE devido a reciclagem de calceiro e cromo.	62
Tabela 25 - Demonstrativo de payback em energia da unidade de reciclagem de calceiro	64
Tabela 26 - Demonstrativo de payback em energia da unidade de reciclagem de cromo.....	65

Lista de Abreviações

WWTP.....	Tratamento Convencional
TP+CW.....	Convencional mecânico e tratamento químico completado com tratamento biológico com a construção de wetland
NW.....	tratamento de wetland natural
Sej.....	joule de energia solar
R.....	Recurso Renovável
N.....	Recurso Não Renovável
F.....	Recurso da Economia
Y.....	Fluxo do Produto
EYR.....	Emergy Yield Ratio
ELR.....	Environmental Loading Ratio
EIR.....	Emergy Investment Ratio
%R.....	Percent Renewable Emergy
SI.....	Índice de Sustentabilidade
ETE.....	Estação de Tratamento de Efluentes
INPE.....	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Glossário

Banhos residuais: Água utilizada nos processos que contem resíduos.

Curtimento: O curtimento é um processo que consiste na transformação das peles em material estável e imputrescível, ou seja, a transformação da pele em couros.

DBO₅²⁰: Demanda bioquímica de oxigênio – Quantidade de oxigênio medida durante cinco dias em uma água em temperatura de 20° C.

Depilação e Caleiro: Processo que tem como principal função remover os pelos e o sistema epidérmico, bem como preparar as peles para as operações posteriores. Este processo utiliza cal e sulfeto de sódio, sendo considerado altamente poluidor.

Piquel: É um processo salino ácido que visa basicamente a preparar as fibras colágenas para uma fácil penetração dos agentes curtentes. Pode ser empregado como meio de conservação das peles.

Tratamento Preventivo: Tratamento que evita ou retira os resíduos dos efluentes.

Tratamento Primário: Compreende a homogenização dos efluentes, adição de coagulantes e floculantes.

Tratamento Secundário Biológico: Tem como objetivo a redução da demanda de oxigênio do efluente decantado. O tratamento biológico pode ser efetuado filtros biológicos e lodos ativados. Qualquer um destes processos tem como objetivo a oxidação das substâncias orgânicas por meio de bactérias ou oxigênio do ar, resultando em efluentes de baixa demanda de oxigênio.

Resumo

Este trabalho examina e avalia, usando como métrica a moeda e a energia solar, a implantação e operação de estações de reciclagens nos processos de um curtume. Os diferentes resíduos presentes nos efluentes líquidos dos curtumes apresentam valores variáveis em função das diferentes técnicas operacionais, dos equipamentos, das matérias-primas utilizadas e dos produtos finais obtidos. Por este motivo, foram empregadas as condições de operação de um curtume médio no Brasil. Na avaliação realizada da estação de tratamento de efluentes líquidos considerou dois cenários. O primeiro que não há estações de reciclagens integrando aos processos e operações do curtume. O segundo cenário é que há estações de reciclagens nas operações. Com a utilização da análise emergética verificou-se a quantidade de energia solar requerida, direta e indiretamente, em cada estação de tratamento de efluentes. O presente estudo traz uma discussão dos benefícios gerados (considerando a valoração por moeda e por energia) para as unidades de reciclagem. O trabalho faz uso da ferramenta do diagrama triangular para demonstrar os benefícios e discute a possibilidade de uso da ferramenta na gestão ambiental em um curtume.

Abstract

The aim of this study was to exam and to evaluate using solar energy the construction and operation of recycling plants in tanneries. The residues in tanneries wastewater present different quantities of pollutants due to the several operational techniques, equipments, raw materials, and final products obtained. For this reason, the conditions for operation employed in this work correspond to an average tannery in Brazil. Two hypotheses were used for the evaluation of the wastewater treatment plant. The first considers recycling plants integrated with the tannery's processes and operations. In the second there are no recycling plants. With the use of emergy analysis, the amount of direct and indirect solar energy required in each wastewater treatment unit was determined. The present discusses about the benefits that can be generated by the recycling units. The triangular diagram tool was used to show the benefits and the possibility of use that tool in the environmental management of tanneries is proposed.

Moraes, Luciano César de

Análise Financeira e Emergética na tomada de decisão em unidades de reciclagem de curtumes . Gestão Ambiental / Luciano César de Moraes; Orientador: Prof. Dr. Biagio F. Giannetti. – São Paulo, 2004. 81f.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP. Área de concentração: Produção e Meio Ambiente

1. Contabilidade Emergética. 2. Curtume. 3. Reciclagem de Caleiro. 4. Reciclagem de Insumo Cromo. 5. Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos.



INTRODUÇÃO

Apresentação

Defender o meio ambiente deixou de ser apenas assunto de ecologistas e passou a ter grande influência nas estratégias empresariais. Algumas empresas, mudando a filosofia de satisfação das necessidades do consumidor estão visando uma qualidade melhor de vida para a sociedade, buscam, para tanto, solucionar problemas ambientais.

Quando se pensa em qualidade do meio ambiente, deve-se levar em consideração pontos como a proteção dos consumidores e o desenvolvimento sustentável. Com vista a assegurar a sustentabilidade, as empresas buscam implementar mecanismos de gestão ambiental.

Neste sentido as organizações estão desenvolvendo e experimentando novas abordagens de medida e controle de custos e avaliação de desempenho.

A exploração de novas alternativas de operação para novos sistemas de produção ou para modificar os existentes exige investimento de capital e, por este motivo, a tomada de decisão nos meios produtivos foi inicialmente baseada em análises de viabilidade econômica.

O uso da análise financeira tradicional como critério para tomada de decisão de caráter ambiental, apesar de ser geralmente aceita, não contempla benefícios e custos intangíveis. A avaliação do aspecto ambiental é bastante complexa e deve considerar um grande número de fatores, alguns dos quais não podem ser avaliados pela análise financeira tradicional, já que não há como estabelecer um valor monetário para custos e benefícios intangíveis como o valor de uma reserva natural ou o custo para o ambiente absorver poluentes.

Uma nova metodologia de avaliação ambiental, com base na análise emergética, leva em conta a taxa de exploração de reservas naturais, o uso eficiente destas reservas e a capacidade de suporte do meio ambiente [1].

Este trabalho faz uso da análise financeira e da análise emergética para avaliar a implantação e operação de estações de reciclagens nos processos de um curtume, discutindo o uso das metodologias como uma ferramenta de auxílio na tomada de decisões.

Objetivos

Objetivo Geral:

- Examinar e avaliar a implantação e operação de unidades de reciclagens nos processos de um curtume, usando como ferramenta à análise financeira e análise emergética. Discutindo o uso das metodologias como uma ferramenta de auxílio na tomada de decisões.

Objetivos Específicos:

- Calcular os investimentos de implantação e os custos para operar as unidades de reciclagem de caleiro e cromo e da estação de tratamento de efluentes líquidos;
- Calcular a energia necessária para implantar e operar as unidades de reciclagem de caleiro e cromo e da estação de tratamento de efluentes líquidos;
- Utilizar o diagrama triangular para demonstrar os resultados dos cálculos financeiros e emergéticos;
- Discutir os resultados obtidos com a análise financeira e com a análise emergética.
- Discutir o uso das metodologias nas decisões da empresa.



FUNDAMENTOS
TEÓRICOS

Este capítulo aborda os conceitos de análise financeira e análise emergética para um melhor entendimento das ações aplicadas no projeto em estudo.

2.1. Análise financeira

Nenhuma empresa realiza investimentos e desembolso de dinheiro sem controle, mesmo que o empresário esteja motivado para realização. Dificilmente o investimento é aprovado sem uma clara identificação dos custos envolvidos.

Um investimento em melhoria ambiental precisa ser visto da mesma forma que qualquer outro investimento da empresa, devendo ser realizada uma análise de viabilidade técnica e econômica desse empreendimento. É importante uma análise que mostre as alternativas, inclusive a opção da não realização do investimento proposto, com simulações e projeções para o futuro.

Ao escolher sistemas que proporcionarão uma melhoria da qualidade ambiental, como por exemplo, estações de tratamento de efluentes, tem-se a necessidade de desenvolver projetos, adquirir equipamentos, realizar construções (prédios, tubulações, etc) e montar os equipamentos. Todas essas atividades geram custos e são avaliados com cuidado.

Conceitos de contabilidade custos

Para um entendimento da análise financeira desenvolvida neste trabalho há necessidade do conhecimento de alguns conceitos utilizados na contabilidade de custos [2].

- Gastos são sacrifícios financeiros suportados pela empresa para obtenção de produto ou serviço, sacrifícios estes representados pela entrega ou promessa de entrega de ativos. Como por exemplo, a compra de equipamentos.
- Investimentos são os gastos realizados com o propósito de obter benefícios futuros, tais como a aquisição de equipamentos mais modernos, treinamentos de mão-de-obra, etc.

- Custos são os gastos relativos à produção de um bem ou serviço que se incorporam ao valor do bem ou serviço. Os gastos ambientais de uma empresa, em sua maioria, referem-se a investimentos e custos.

A defesa de investimentos ambientais requer uma eficiente análise contábil, que mostre as alternativas, inclusive da não realização dos empreendimentos apresentados, com projeções das conseqüências, principalmente dos riscos de multas e perda de confiança na empresa. Essa análise deve ser realizada com simulações ao longo do tempo.

Tomada de decisões com base na análise financeira

Qualquer empresa tem a necessidade de um sistema de controle, principalmente com relação à sua área financeira, cuja finalidade principal consiste em monitorar os desembolsos financeiros e compromissos assumidos pelos gestores que sempre tomam decisões que afetam os resultados da organização.

A idéia de como suas decisões refletirão no futuro, faz com que os empresários se sintam mais confortáveis e seguros para realizarem a melhor escolha.

Para auxiliar na tomada de decisões são utilizados alguns métodos de avaliação dos investimentos como o *payback*, valor presente líquido e a taxa interna de retorno [3].

- *Payback*: O tempo de retorno do capital é também conhecido pelo nome em inglês *payback period*, que indica o tempo necessário de operação do sistema até que a empresa recupere o capital investido.
- Valor presente líquido: é uma das formas mais empregadas para realização da análise sobre a viabilidade de empreendimentos. É feito um cálculo para trazer todos os valores de fluxos de caixa futuros para o presente, considerando a taxa de juros vigente (taxa de retorno, ou taxa de desconto).
- Taxa interna de retorno: ela identifica qual a taxa a ser aplicada ao fluxo de investimento de modo que, trazidos aos valores atuais, os investimentos, custos e despesas se igualem ao valor das receitas.

Quanto maior a taxa interna de retorno, melhor o investimento em termos de rentabilidade.

O presente trabalho utiliza-se da técnica de *payback* para analisar o tempo necessário de operação das unidades de reciclagem do curtume para que se recupere o capital investido.

2.2. Análise Emergética

Muitos projetos ambientais operam na relação da natureza com a sociedade e são criados para utilizar os recursos naturais fornecendo benefícios sociais e ambientais. Justificar tais projetos é freqüentemente um problema pela necessidade de comparar fluxos da economia com fluxos ambientais.

A falta de contabilização das entradas e saídas que não são avaliadas diretamente em uma base monetária subestimam freqüentemente as contribuições ambientais [4].

A Engenharia Ecológica utiliza-se da técnica do balanço de energia e massa de forma mais ampla, incorporando as contribuições da natureza e da economia. Aproveita-se também da Teoria Geral de Sistemas para obter uma visão abrangente sobre os ecossistemas e apontar as tendências de organização.

A análise emergética é uma forma de análise de energia que quantifica valores dos recursos da natureza e econômicos em uma base comum denominando o valor da natureza para economia humana [1].

Energia

O conceito de energia é definido como a energia solar disponível usada diretamente e indiretamente para realizar um serviço ou produto. Medindo o trabalho da natureza e o humano para geração de produtos e serviços, a metodologia coloca valores ambientais e valores econômicos em uma base única. Sua unidade é em joule de energia solar (abreviado com sej). A análise emergética utiliza o modelo de diagrama de energia, usando uma linguagem especial de símbolos e as álgebras para contabilidade da energia do sistema.

Ela promove uma medida universal para diferentes tipos de fluxos de energia do sistema. A energia é considerada como a **memória** da energia ou a energia total incorporada em um produto, processo ou serviço (por isso a utilização do m em energia).

Transformidades

Para representar serviços e produtos ambientais e econômicos em termos de uma unidade comum, esses são valorados em termos de energia solar equivalente ou energia. Na conversão para energia solar, se parte da constatação de que há diversas qualidades de energia. Para isto, se utiliza um fator de conversão de transformidade solar, que é definido como a energia solar equivalente necessária para obter uma unidade energética (joule) de um produto.

A energia solar é mensurada em joules de energia solar (sej), enquanto transformidade solar é expressa em joules de energia solar por joule por produto (sej/J).

Fontes de recursos

As fontes de recursos que participam em qualquer processo são divididas em três classes: renováveis, não renováveis e fontes pagas provenientes da economia. Esta divisão é fundamental para o estudo energético e a inter-relação com o meio ambiente.

Os recursos renováveis (R) têm a capacidade de renovação temporal e espacial mais rápida que o seu consumo. Classificam-se dentro dessa classe a energia solar, geotérmica, gravitacional, dos ventos, da chuva, etc. Esses recursos renováveis são gratuitos e geralmente estão disponíveis sem custo, podendo incorrer somente em custos para sua extração.

Os recursos não renováveis (N) são consumidos mais rápido do que a capacidade que o meio ambiente tem de renovação desses recursos. Os fluxos não renováveis nem sempre são gratuitos incorrendo em custos, pagos pela sua exploração. Nesta classe encontram recursos naturais como o carvão, petróleo, e

outros que dependendo da exploração são recursos não renováveis como água potável e florestas.

Recursos pagos – provenientes da economia (F) são associados a bens e serviços que como característica principal incorrem em custos econômicos.

Simbologia

Odum propôs uma linguagem baseada em símbolos, como mostra a figura 1, para descrever o funcionamento dos ecossistemas. Essa linguagem permite cálculos energéticos, assim como modelagens e simulações para analisar o desempenho ao longo do tempo.

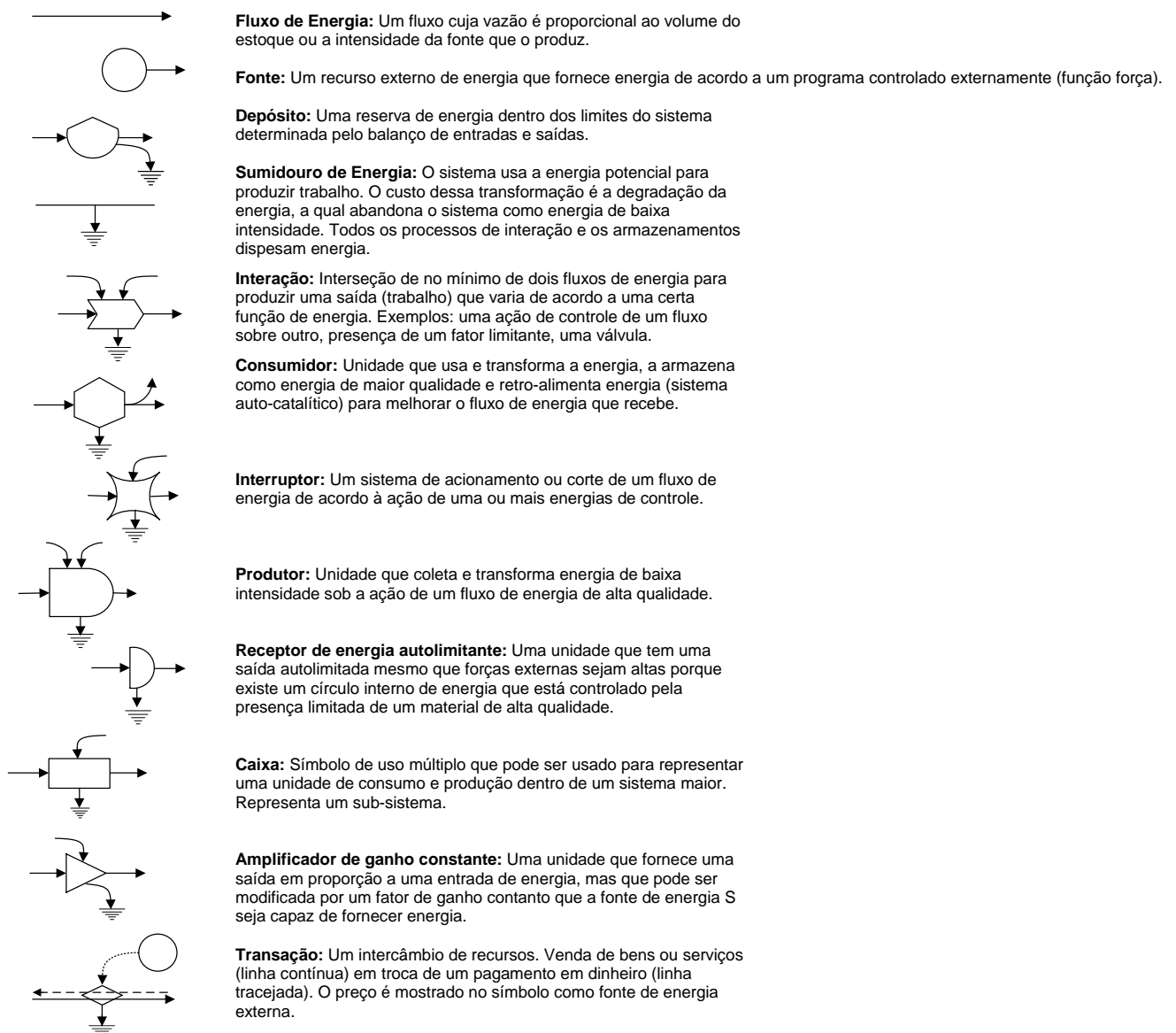


Figura 1 – Símbolos para utilização nos diagramas emergéticos [1]

Diagrama de energia

O conhecimento dos caminhos percorridos pelos fluxos de recursos e suas inter-relações com o meio-ambiente e a economia contribuem para entendimento das partes e de todo o sistema. Os diagramas são um passo necessário para se avaliar a energia, por isso são elaborados com símbolos da linguagem de energia, como mostra a figura 1.

Os símbolos indicam interações causais, mostram ciclos de materiais ou carregam informações, mas sempre com alguma energia. A figura 2 mostra um diagrama simplificado onde estão identificados os fluxos de entrada R, N e F.

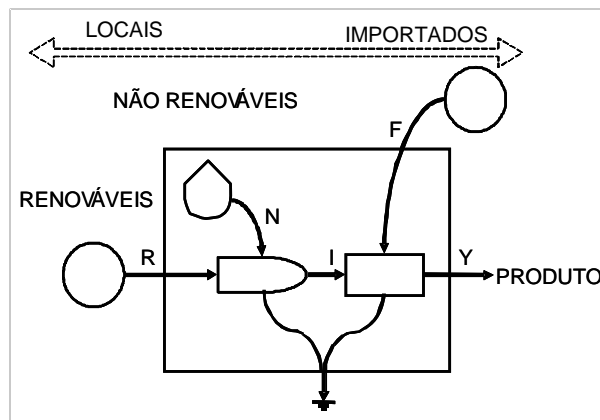


Figura 2 - Diagrama de energia, onde aparecem os fluxos de entrada de recursos renováveis (R), não renováveis (N) e provenientes da economia (F) e o fluxo de saída do produto (Y) [1].

Indicadores energéticos

Na análise pode-se calcular uma série de indicadores de sustentabilidade que, em conjunto com a energia e a transformidade, permitem valorar a eficiência e o impacto ambiental do sistema fornecendo indicações sobre as direções a seguir, a fim de tornar o sistema sustentável. Este trabalho não utiliza os indicadores de sustentabilidade, mas é importante que eles possam ser conhecidos e utilizados em trabalhos futuros.

Entre os indicadores mais usados têm-se:

- Rendimento emergético, EYR (*emergy yield ratio*), é um indicador que fornece uma medida da competitividade do sistema com relação a outro similar e mede a capacidade do sistema em utilizar as reservas fornecidas gratuitamente pelo ambiente. Quanto maior seu valor, maior a eficiência no uso de reservas naturais com relação ao investimento econômico (expresso em termos de emergia), pode ser obtida conforme a expressão.

$$EYR = \frac{Y}{F} = \frac{R + N + F}{F} \quad (1)$$

- A carga ambiental, ELR (*environmental loading ratio*) é um indicador que, quando elevado, reflete um alto estresse ambiental ou alto nível tecnológico. Este indicador é maior quando se usa tecnologia mais sofisticada ou quando as entradas renováveis são poucas.

$$ELR = \frac{N + F}{R} \quad (2)$$

- O indicador de investimento ambiental, EIR (*emergy investment ratio*), mede a intensidade do processo de produção. Se o EIR do processo for maior que o regional, o sistema pode ser muito intensivo em emergia e afetar o ambiente. Para ser economicamente viável, à longo prazo, o EIR do processo deve ser similar ao da região, caso contrário os custos serão altos e o processo deixará de ser competitivo a médio prazo. Por outro lado, quando o EIR é mais baixo que a média nacional os custos serão baixos indicando que à maioria dos serviços são fornecidos gratuitamente pela natureza. Entretanto, a operação abaixo do EIR regional indica que a emergia do sistema não é compatível com a emergia do ambiente e o sistema pode estar operando abaixo de seu potencial.

$$EIR = \frac{F}{N + R} \quad (3)$$

- Porcentagem de emergia renovável (*percent renewable emergy*) é um indicador que quanto maior mais sustentável será o processo.

$$\%R = \frac{R \times 100}{R + N + F} = \frac{R \times 100}{Y} \quad (4)$$

- O índice de sustentabilidade (ESI) é obtido da relação entre o rendimento emergético e o índice de carga ambiental. O conceito de sustentabilidade está atrelado à maximização de EYR (rendimento) e a minimização de ELR (impacto), ou seja, no máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de estresse dos recursos locais.

$$ESI = \frac{EYR}{ELR} = \frac{\frac{Y}{F}}{\frac{N+F}{R}} \quad (5)$$

Diagrama triangular

O diagrama triangular, desenvolvido por Giannetti, Barrella e Almeida [5], é definido como um sistema de coordenadas a partir de um triângulo eqüilátero cuja altura é igual à unidade. Cada uma das alturas é associada a cada uma das coordenadas das variáveis, conforme apresentado na figura 3.

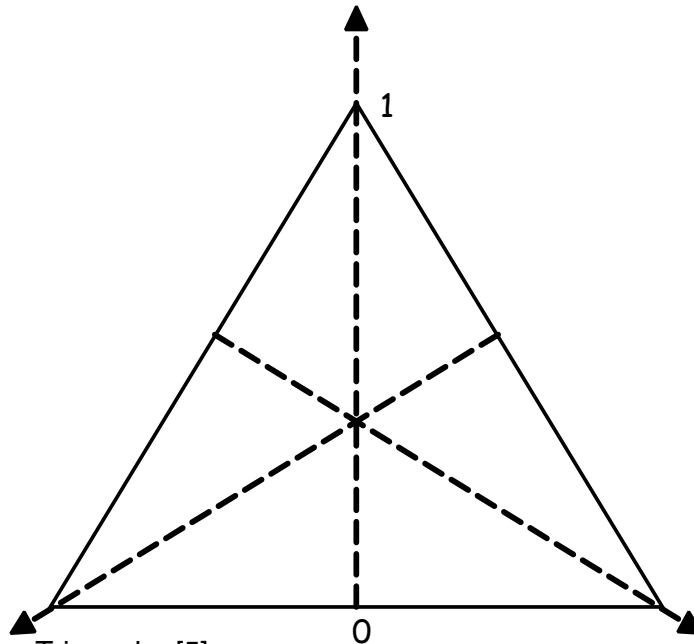


Figura 3 –Diagrama Triangular [5]

Um ponto qualquer inscrito no triângulo pode ser definido a partir de um conjunto de três valores de coordenadas relacionadas com um sistema de coordenadas cartesianas.

Uma importante propriedade do diagrama triangular é que a soma das coordenadas triangulares de um ponto inscrito no triângulo é igual à altura do

mesmo. Tomando-se a altura igual à unidade, teremos que a soma das coordenadas é igual a um, conforme mostrado na figura 4.

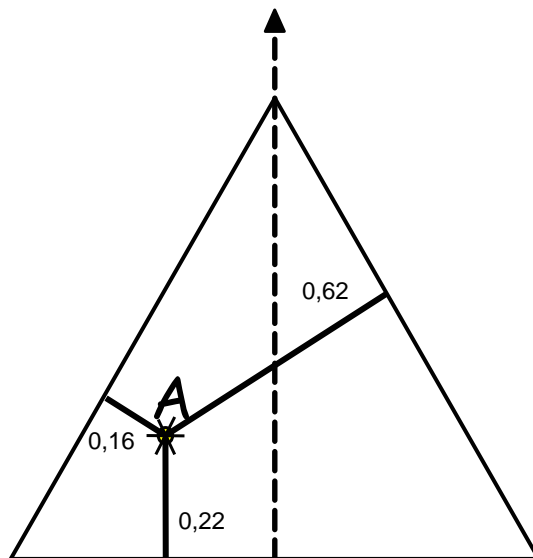


Figura 4 – Propriedade soma das coordenadas



REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA

Visando a solução de problemas ambientais, as empresas, incluíram em suas estratégias empresariais decisões sobre o meio ambiente que iniciaram na produção, devido as grandes oportunidades de redução dos impactos ambientais dos processos.

Estudos foram realizados nas áreas de produção, como o desenvolvimento de indicadores para a escolha de equipamentos, métodos e práticas produtivas, rendimento de processos e desenvolvimento de produto [6-7], mas poucos contribuíram na tomada de decisões que envolviam o aspecto ambiental.

Inicialmente a tomada de decisão na produção foram baseadas em análises de viabilidades financeiras [8], pois novos sistemas de produção ou a modificação de sistemas existentes exigem investimentos de capital.

O método baseado no uso da análise financeira é utilizado por vários autores que acreditam ser necessário identificar os custos e benefícios provenientes dos investimentos aplicados a redução do impacto ambiental [9-10].

A avaliação do aspecto ambiental com base na análise financeira, apesar de aceita, não contempla os custos e benefícios intangíveis.

Uma nova metodologia de avaliação ambiental, com base na análise emergética, leva em conta a taxa de exploração de reservas naturais, o uso eficiente destas reservas e a capacidade de suporte do meio ambiente [1]. Os indicadores que resultam da análise emergética refletem tanto a contribuição do sistema econômico como a do meio ambiente.

A análise emergética foi utilizada em vários estudos e aplicada em vários setores, como a produção de energia elétrica [11-14], no tratamento de água [4,15-16], na fabricação de papel e celulose [17] e no desenvolvimento urbano [18-19].

Apesar do grande número de estudos publicados com relação à análise financeira e emergética poucos estudos tratam do uso das ferramentas como auxílio na tomada de decisões de um curto prazo.

Os artigos discutidos nesta revisão bibliográfica são os que mais se assemelham com o objeto em estudo. Discute-se sobre a análise econômica utilizada por Rorh [20] para determinar os investimentos e custos decorrentes do

tratamento de efluentes líquidos de um curtume, os diferentes aspectos do tratamento de efluentes líquidos domésticos [14,16,21], usando como métrica a análise emergética e a utilização do diagrama ternário aliado a análise emergética como uma ferramenta de suporte à tomada de decisão [22].

3.1. ANÁLISE ECONÔMICA

Os curtumes estão entre as atividades industriais potencialmente das mais poluidoras, estabelecendo-se comparações entre a quantidade de resíduos poluentes provenientes de indústrias com os produzidos por uma população urbana. Rohr [20] em sua tese de doutorado determinou os investimentos e custos decorrentes do tratamento de efluentes líquidos de um curtume, evidenciando as variáveis de escala de produção, consumo de água no processamento e diferentes técnicas de tratamento dos efluentes.

O estudo de Rohr [20] admitiu três capacidades de processamento para os curtumes: 4, 12 e 20 T de peles bovinas/dia, utilizando 30, 70 e 110 m³ de água por T de pele processada. Utilizando como técnica de tratamento dos efluentes, o tratamento preventivo (unidades de reciclagem nos processos de caleiro e cromo) e a estação de tratamento de efluentes líquidos.

Rohr [20] observou que o tratamento preventivo é o processo mais eficaz na redução da poluição e com baixos custos e investimentos. O valor dos produtos químicos recuperados e capazes de serem reaproveitados é maior que os gastos com operação da unidade.

A reciclagem de caleiro diminui o volume dos efluentes, pois todo dimensionamento da estação é em função da quantidade de efluentes. Com a reciclagem de caleiro os efluentes são reaproveitados, reduzindo o volume de resíduos. A recuperação do sulfato de cromo também resulta em economias para o curtume.

Outra conclusão a que chegou Rohr é que o volume de água utilizada no processamento de peles contribui para a elevação dos custos, pois a utilização de grandes volumes de água geram grandes volumes de efluentes, onerando ainda mais o seu tratamento. Um menor volume de efluentes permite estações de

tratamento mais compactas, reduz o consumo de energia, a potencia de motores e dos compressores de ar e, por conseguinte, reduz os investimentos e os custos de tratamento de efluentes.

Rohr concluiu que os possíveis benefícios sociais que podem advir com a despoluição das águas, os investimentos necessários para uma estação de tratamento, não podem ser considerados elevados.

3.2. ANÁLISE EMERGÉTICA

Diferentes aspectos do tratamento de efluentes líquidos domésticos têm sido analisados [14,16,21], usando como métrica a análise emergética. Esses aspectos incluem 1) análise do tratamento de efluentes líquidos municipal e geração de eletricidade pela digestão do lodo do esgoto, 2) o uso de recursos e o relacionamento entre o serviço do ecossistema e as entradas pagas, 3) análise da coleta de resíduos, tratamento e retorno da água tratada ao meio ambiente.

1) Análise do tratamento de efluentes líquidos municipal

Bjorklund [14] utilizou a análise emergética para comparar o uso de recursos substancialmente diferentes. Os diferentes recursos são mensurados em uma base comum, que faz um exame das diferenças em sua demanda territorial e de tempo. As qualidades geradas no sistema ecológico e econômico são consideradas.

Realizou-se uma análise emergética da geração de efluentes e do tratamento de efluentes em uma cidade de aproximadamente 9500 habitantes do sul da Suécia. Além disso, a eficiência no uso do recurso da produção de eletricidade pela digestão da lama do esgoto na planta de tratamento de efluentes é avaliada.

A emergia de um efluente de uma família da área urbana de Surahammar foi de $6,0 \times 10^{19}$ sej e transformidade correspondente a $3,8 \times 10^6$ sej/J. Como uma consequência da suposição de que o efluente para ser um co-produto de toda a atividade é resultado da comida e água de beber usada, sendo assim os efluentes contém toda a emergia necessária para geração desses recursos na sociedade. Essa quantidade de emergia deve ser vista como um reflexo, em grande

proporção, do estilo de vida da população. Outra análise é que o grande investimento em recursos naturais e tecnológicos para o tratamento de efluentes é pequeno com relação à quantidade de energia do efluente carregado.

O trabalho de Bjorklund analisa somente o efluente como um co-produto resultante do uso da energia para comida e produção de água. Contudo, efluente contém energia de outras fontes como química usada por residências e indústrias e outros componentes captados pelas chuvas. O efluente é co-produto de uma qualidade da moderna sociedade, carregando toda a energia usada pela sociedade.

Verificou-se que no uso dos recursos para o tratamento de efluentes a energia para construção e manutenção dos prédios, tubos e maquinários representam 38% do total da energia do sistema. Prédios, maquinários e tubos 27% e manutenção 17%. O restante foi dividido em combustível, eletricidade e produtos químicos (27%) e serviços diretos para administração (35%).

O total da energia usada no sistema completo foi separado para revelar a energia usada em diferentes sistemas. No sistema de tubos de água considerou-se 26% de toda a energia usada, no tratamento de água 60%, digestão do lodo e produção de eletricidade 11% e estocagem e distribuição do lodo digerido 3%.

- 2) O uso de recursos em três diferentes métodos de tratamento de efluentes domésticos o relacionamento entre o serviço do ecossistema e as entradas pagas.

Geber e Bjorklund [16] utilizou da análise emergética para analisar o uso dos recursos de três diferentes sistemas de tratamentos de efluentes domésticos. Tratamento convencional (WWTP); Convencional mecânico e tratamento químico completado com tratamento biológico com a construção de wetland (TP+CW) e no tratamento de wetland natural (NW).

Além da análise do uso dos recursos nos três sistemas, o trabalho verificou se o aumento no nível de espaço, tempo e dependência dos serviços do ecossistema poderá substituir as entradas pagas no tratamento de efluentes.

O uso total de energia por equivalente pessoa foi da mesma grandeza nos três sistemas. Na WWTP de $1,50 \times 10^{14}$ sej/pessoa, TP + CW $1,80 \times 10^{14}$ sej/pessoa e na NW de $1,70 \times 10^{14}$ sej/pessoa. A proporção da energia das entradas pagas com relação às entradas gratuitas do meio ambiente foi de $3,06 \times 10^{12}$ sej/pessoa no sistema de WWTP, $1,41 \times 10^{12}$ sej/pessoa na TP + CW e $9,0 \times 10^{12}$ sej/pessoa na NW. Apesar de uma grande diferença entre os sistemas de tratamento com esta proporção, a análise mostra que no sistema de NW não há perda do uso de energia de entradas pagas comparado com o sistema de WWTP. O maior uso das entradas renováveis locais na NW não é resultado de um menor uso das entradas pagas.

Verificou-se que a demanda da área direta foi maior na NW que na TP+CW e na WWTP. A demanda da área total foi similar nos três sistemas de tratamento.

3) A análise da coleta de resíduos, tratamento e retorno da água tratada ao meio ambiente.

O ciclo artificial da água pode ser dividido entre a fase de captura da água do meio ambiente, potabilização, distribuição, coleta de efluentes, tratamento e devolução dentro do meio ambiente.

Bastianoni [21] utiliza a análise emergética para avaliar a última parte do ciclo artificial da água, com coleções de resíduos na água pelo sistema de esgoto, tratamento com diferentes caminhos analisando a qualidade e quantidade de resíduos da água e finalmente retorno do resíduo da água tratada ao meio ambiente.

No método usado foi feito um balanço de massa de muitos itens envolvidos nestes processos, incluindo entradas pagas (eletricidade, produtos químicos, trabalho humano e combustível) com uma base anual e infra-estruturas (tratamento de efluentes e sistema de esgoto). O trabalho considerou seis municípios da província de Bologna.

O fluxo de energia atribuída ao processo é, portanto, um índice dos custos ambientais do presente e do passado necessários para suportá-los. A água tratada que retorna ao meio ambiente possui uma maior característica física química que a água retirada no início do processo.

Aproximadamente 75% dos resíduos da água do sistema de Bologna são tratados nesta planta, designado para uma população de 900.000 pessoas.

A energia requerida para suportar os processos de tratamento da água foi de $4,27 \times 10^{19}$ sej/ano. Este número indica os materiais e energia envolvida em uma planta genérica e esta operação de um ciclo artificial da água consistindo em coleta do efluente, tratamento e descarga ao meio ambiente.

Os resultados do estudo de Bastianoni [21] completaram a análise de várias fases de um ciclo da água artificial em termos de consumo de energia e recursos. A energia da primeira fase de um ciclo de água artificial (produção de água de beber) requer 55% da energia de um ciclo inteiro. A fase terminal (coleta e tratamento de efluentes) requer 26% e os recursos naturais 19%.

A disparidade do custo emergético entre o abastecimento de água de beber ($1,38 \times 10^{14}$ sej/pessoa) e tratamento dos resíduos ($6,34 \times 10^{13}$ sej/pessoa) pode ser atribuída para uma relativa falta de atenção ao tratamento dos resíduos. Esta falta de atenção é depois justificada em uma base de uma capacidade de autopurificação pelo meio ambiente, contudo como aumentou a produção e urbanização esta capacidade é insuficiente.

3.3. FERRAMENTA GRÁFICA PARA TOMADA DE DECISÕES

Barrela, Almeida e Giannetti [22] utilizam do diagrama ternário aliado à análise emergética como uma ferramenta de suporte à tomada de decisão. O diagrama emergético, como é denominado, possibilita comparar sistemas, produtos e serviços considerando os serviços provenientes do meio ambiente e da economia, avaliando a melhoria e acompanhando o desempenho de um sistema produtivo.

A ferramenta gráfica permite comparar empresas, produtos, processos e serviços, avaliar melhorias e acompanhar a performance do sistema ao longo do tempo, pois o uso das propriedades fornece informações adicionais sobre a dependência da empresa em um determinado tipo de fluxo (R, N ou F).

Para ilustrar o uso dos diagramas emergéticos triangulares na tomada de decisão foi empregado um exemplo hipotético e quatro retirados da literatura.

A utilização dos diagramas emergéticos permite um melhor entendimento da real contribuição dos recursos do ambiente e da economia para a sustentabilidade de um sistema. Com a observação do diagrama, é possível avaliar e identificar tendências e diferenças para vários sistemas. É, também, possível identificar parâmetros que podem ser mudados para melhorar o desempenho ambiental de um sistema.

Uma das propriedades do diagrama é a linha de sensibilidade que complementa a análise emergética permitindo monitorar o desempenho de sistemas ao longo do tempo e acompanhar e/ou simular mudanças nas entradas de recursos com o auxílio dos indicadores definidos pela análise emergética.

O uso da linha de sensibilidade permite identificar, dentre os recursos utilizados por um processo, as mudanças necessárias para elevar o índice de sustentabilidade deste processo, para diminuir a carga ambiental e para avaliar a necessidade de investimento econômico ou de recursos naturais.

A ferramenta permite a apresentação dos resultados, e pode servir de interface entre cientistas ambientais e os responsáveis pela tomada de decisão. A adoção dos diagramas emergéticos ternários permite a imediata compreensão tanto das contribuições dos recursos para um determinado sistema, como da contribuição do sistema para a sustentabilidade da biosfera.



**PROJETO EM
ESTUDO**

Os curtumes geram grande poluição ambiental. No decorrer do processo produtivo geram considerável volume de resíduos que, jogados nas águas criam demanda de oxigênio acima do normal, bem como elevam o teor de toxidez das águas.

A necessidade de diminuir a poluição gerada pelos despejos líquidos, mantendo a qualidade do couro produzido, têm originado tecnologias alternativas de produção menos agressivas ao meio ambiente. Devolver a água em condições de manter a integridade dos ecossistemas naturais tem sido uma preocupação constante.

A carga poluidora de um curtume apresenta valores variáveis em virtude das diferenças, nas técnicas operacionais, nos equipamentos, nas matérias primas utilizadas e dos produtos finais obtidos.

As variáveis capazes de caracterizar os efluentes de um curtume, os resíduos e as possíveis técnicas de tratamento são de grande importância na avaliação. Por esta razão é necessário identificar as características do curtume que se deseja analisar.

A tabela 1 mostra um resumo das características do curtume e os tratamentos, todo o projeto está detalhado no anexo P.

Tabela 1 – Características do curtume em estudo

Características operacionais produtivas

Capacidade Produtiva	25.000 kg/dia de peles
Produto Final	Couros wet-blue
Período de trabalho	8 h/dia
Consumo de água no caleiro	300% em relação à quantidade de peles
Consumo de Na ₂ S no caleiro	3% em relação à quantidade de peles
Consumo de água no piquel e curtimento	100% em relação à quantidade de peles
Consumo de cromossal no curtimento	8% em relação à quantidade de peles
Vazão diária de efluente sem reciclagem	750 m ³ /dia
Vazão diária de efluente com a reciclagem	675 m ³ /dia
Área disponível a implantação dos sistemas de reciclagens	Sem restrição

Resíduos líquidos

Os efluentes líquidos são os que mais contribuem para a poluição ambiental. O seu lançamento, sem prévio tratamento, em rios e riachos gera uma poluição hídrica de graves proporções.

A composição dos efluentes líquidos varia em função dos processos tecnológicos adotados. Mas de modo geral, compõem-se de partículas de pele e produtos químicos adicionados a pele no decorrer do processamento e que são veiculados pela água.

Os diferentes resíduos presentes nos efluentes líquidos dos curtumes apresentam valores variáveis em função das diferentes técnicas operacionais, dos equipamentos, das matérias primas utilizadas e dos produtos finais obtidos. Por esta razão é necessário especificar os processos que geram os efluentes.

Formação dos efluentes líquidos nos curtumes

Para que se saiba à finalidade, produtos químicos utilizados e volume de água gasto é importante o conhecimento dos processos de um curtume que geram efluentes líquidos. Como este trabalho trata do tratamento de efluentes líquidos não se discutirá os processos do curtume que geram resíduos sólidos e gasosos.

Os processos de conservação baseiam-se na desidratação das peles, visando criar condições que impossibilitem o desenvolvimento de bactérias. O sal é um dos agentes mais empregados na conservação das peles.

O processo de remolho tem por finalidade a reposição do teor de água apresentado pelas peles, quando estas recobrem o animal. Neste processo utiliza-se de alguns agentes auxiliares como: sais, álcalis, ácidos, tensoativos e enzimas.

A depilação e caleiro é um processo que tem como principal função remover os pêlos e o sistema epidérmico, bem como preparar as peles para as operações posteriores. Este processo utiliza cal e sulfeto de sódio, sendo considerado altamente poluidor.

Após a depilação e caleiro, as peles são lavadas resultando em uma maior carga de efluentes líquidos. As peles passam em seguida por processos que resultam em efluentes sólidos.

Antes de piquel e curtimento as peles passam pela 1^o lavagem e pela 2^o lavagem gerando efluentes líquidos na lavagem das peles.

O piquel é um processo salino ácido que visa basicamente na preparação das fibras colágenas para uma fácil penetração dos agentes curtentes. No mesmo banho de piquel efetua-se o curtimento das peles que consiste na transformação das peles em material estável e imputrescível, ou seja, a transformação da pele em couro.

Os produtos mais utilizados como curtentes são: produtos inorgânicos como sais de cromo, sais de zircônio, sais de alumínio e sais de ferro e produtos orgânicos como curtentes vegetais, curtentes sintéticos, aldeídos e parafinas sulfocioradas.

Redução dos resíduos poluentes dos curtumes

A redução dos resíduos poluentes pode ser obtida por meio do Tratamento Preventivo (evitando que os resíduos se formem ou retirando-os dos efluentes) ou pelo Tratamento dos Efluentes Líquidos no final do processo.

O tratamento preventivo tem como objetivo reduzir os sulfetos do processo de depilação e caleiro e os sais de cromo do processo de curtimento.

O presente trabalho analisará o tratamento preventivo e o tratamento dos efluentes líquidos de um curtume segundo a projeto citado por Class e Maia [23].

Reciclagem dos banhos de caleiro

A utilização dos banhos residuais de caleiro ocorre após a remoção dos sólidos suspensos, da correção volumétrica dos banhos, bem como a correção dos teores de sulfeto de sódio, cal ou outros produtos usuais.

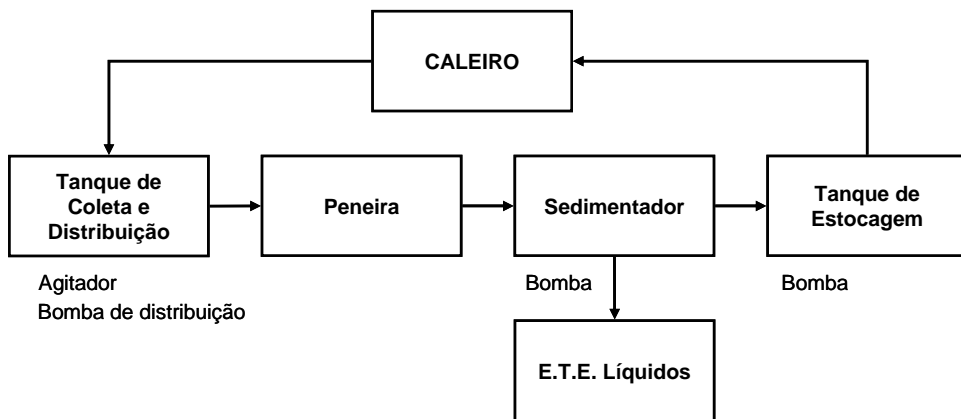


Figura 5– Fluxograma de recuperação dos banhos residuais de calceiro

Como apresentado na figura 5, os despejos dos banhos de calceiro escoam, por gravidade, a um tanque de coleta e distribuição, onde estão instalados um agitador e uma bomba de distribuição dos banhos coletados. A bomba recalca os banhos para uma peneira de tela fina e daí para um sedimentador, seguido de um tanque de estocagem de banho parcialmente recuperado. A partir de estimativa ou do controle analítico sobre o efluente do sedimentador determina-se qual é a quantidade de produtos químicos necessários para recomposição da formulação original.

Reciclagem do insumo cromo (banho de curtimento)

A reciclagem do cromo consiste em precipitá-lo como hidróxido, a partir do banho de curtimento. O precipitado, depois de separado do banho, é re-dissolvido com ácido e preparado para reutilização.

A figura 6 mostra o fluxograma de reciclagem do insumo cromo, onde banhos residuais do curtimento escoam, por gravidade, para um tanque de coleta e distribuição, que possui instalados agitadores para suspensão dos sólidos e uma bomba de distribuição dos banhos coletados. A bomba controla o banho residual, submetendo um peneiramento, sendo lançado no tanque de precipitação. Nesse tanque é adicionada uma solução alcalina via bomba dosadora, comandada por um potenciômetro ou peagâmetro.

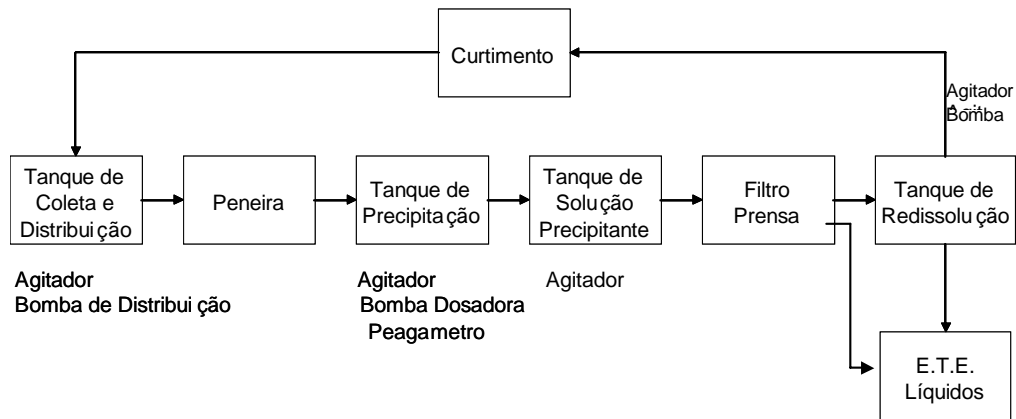


Figura 6– Fluxograma de reciclagem do insumo cromo

A partir do tanque de precipitação, o banho contendo cromo precipitado é submetido a um filtro prensa, cuja bomba de alimentação é comandada por um pressostato.

As tortas de hidróxido de cromo, após a descarga do filtro prensa são tratadas com ácido para dissolução e ajuste de basicidade desejada para formação de $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, o que se dá a pH em torno de 1,0, sendo esse liquor reutilizado no processo de curtimento. O líquido filtrado escoar para o tanque de homogeneização do tratamento principal, seguindo assim o fluxo normal de tratamento.

Sistema de tratamento principal de efluentes líquidos

O sistema proposto neste estudo consiste de um tratamento primário convencional com coagulação e floculação química. Quanto ao sistema secundário (biológico) foi adotado um lodo ativado por aeração prolongada com características aproximadas de um lodo ativado.

Os lodos ativados são sistemas de depuração biológica de resíduos líquidos por via aeróbica. A carga orgânica é depurada por colônias de microrganismos heterogêneos que vêm a constituir o floco biológico. A massa total desses flocos biológicos que constituem o sistema é denominado lodo ativado. Os lodos ativados por aeração prolongada empregam tempo de retenção superior a 36 horas.

Os banhos residuais, como mostra a figura 7, ao serem despejados juntamente com as parcelas de banho descartadas dos sistemas de reciclagens de caleiro e cromo, escoam para uma peneira auto-limpante, seguida de um tanque de homogeneização. O descarte de efluentes líquidos oriundos das unidades de reciclagens se efetua continuamente nesse tanque, distribuindo o volume a ser descartado ao longo do período de tratamento. O tanque de homogeneização é provido de um sistema de aeração e agitação para suspensão dos sólidos e oxidação dos sulfetos. Neste tanque também é adicionada uma solução de sulfato de manganês para catalisar oxidação dos sulfetos.

Os banhos homogeneizados são distribuídos às unidades de tratamento subsequente. No tanque de floculação são dosadas soluções flocculantes como sulfato de alumínio e polieletrólito passando para o decantador primário, onde ocorre a separação do lodo floculado do efluente clarificado primário.

Depois da separação do lodo o efluente passa para o tanque de lodo ativado, onde ocorre a oxidação da matéria orgânica dissolvida em seguida para o tanque de desnitrificação e para o decantador secundário, onde ocorre a separação do lodo biológico e do efluente final.

Os lodos gerados no sistema depurador são desaguados em um filtro prensa, sendo previamente condicionados com cal.

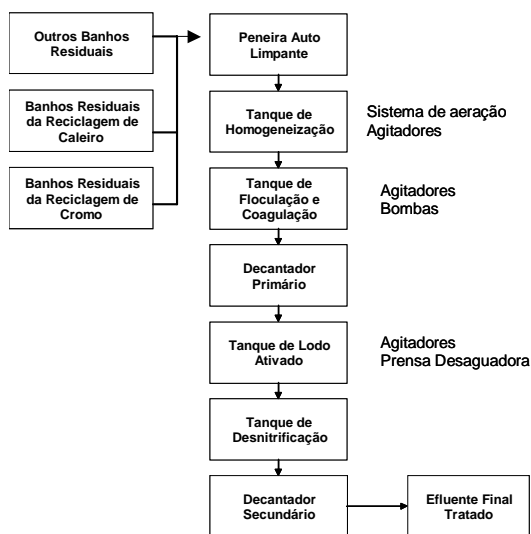


Figura 7 - Fluxograma do sistema depurador dos efluentes



AVALIAÇÃO
FINANCEIRA E
EMERGÉTICA

5.1. Métodos e estimativas

Aplicou-se neste trabalho os conceitos de análise financeira e emergética em um projeto de estações de reciclagens e tratamento de efluentes líquidos de um curtume (anexo P). Para esta aplicação foi necessária a utilização de métodos e de estimativas desde a implantação do sistema até a operação.

Na contabilidade das unidades de reciclagem e do sistema de tratamento de efluentes considerou-se a implantação e a operação da planta.

Para implantação do sistema foram considerados os tanques de concretos, os principais equipamentos, os fios elétricos, tubulação, transporte dos resíduos e a mão-de-obra utilizada na construção de cada unidade.

Na operação da unidade de reciclagem de caleiro considerou-se a eletricidade e a mão-de-obra. A unidade de reciclagem de caleiro não utiliza outros insumos, pois a correção volumétrica dos banhos, bem como as correções dos teores de sulfeto de sódio e cal são realizados no processo de depilação e caleiro.

No processo reciclagem do insumo cromo considerou-se o trabalho humano, a eletricidade e os produtos químicos (hidróxido de sódio e ácido sulfúrico).

Para operar a estação de tratamento dos efluentes líquidos são necessários trabalho humano, a eletricidade e produtos químicos (sulfato de manganês, sulfato de alumínio e solução de polieletrólito). A estação de tratamento dos efluentes líquidos recebe ainda serviços que são ofertados gratuitamente pela natureza como o oxigênio, necessário à oxidação dos sulfetos, e a água da chuva que os tanques abertos recebem.

Considerou-se uma vida útil de 25 anos para cada planta. A metodologia desenvolvida neste trabalho foi dividida em duas fases que compreendem a realização da contabilidade financeira e da contabilidade emergética.

Cenários avaliados

O presente trabalho analisa o tratamento dos efluentes líquidos de um curtume considerando dois cenários.

1. De que não há sistemas de reciclagens nas operações (figura 8).
2. Que os sistemas de reciclagens integram os processos e operações do curtume (figura 9).

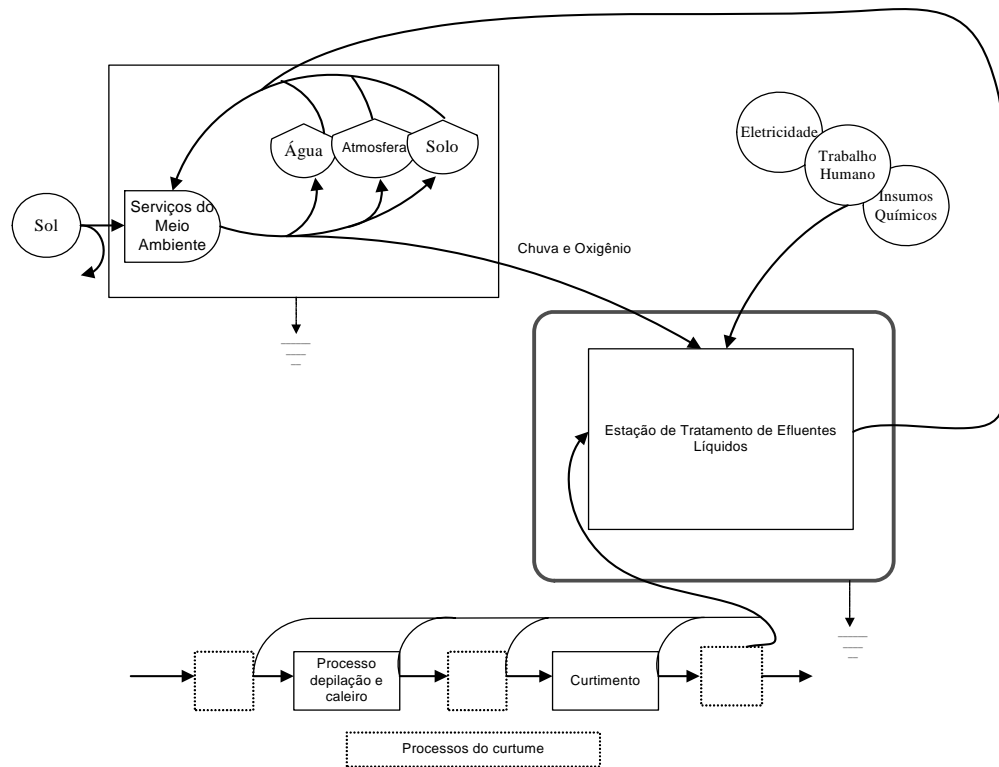


Figura 8 – Diagrama de energia da estação de tratamento de efluentes líquidos sem as unidades de reciclagem de calceiro e insumo cromo.

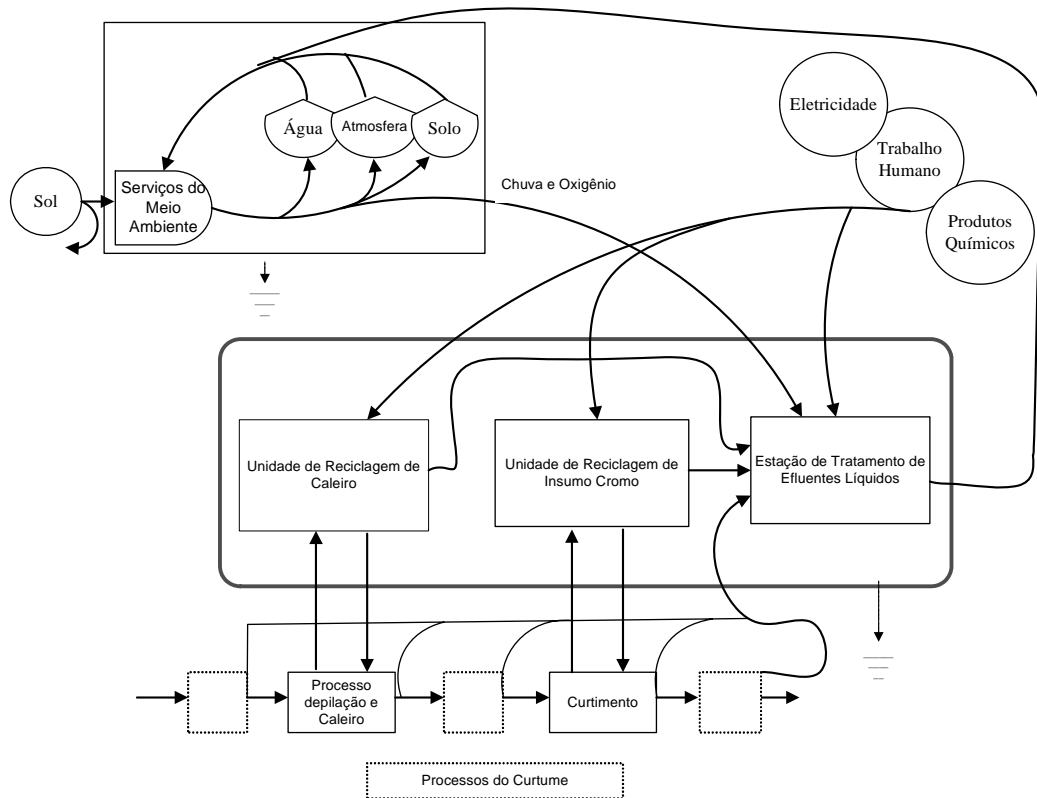


Figura 9 – Diagrama de energia da estação de tratamento de efluentes líquidos com unidades de reciclagem de calceiro e insumo cromo em seus processos.

5.1.1. Estimativas dos recursos pagos e não pagos

Diesel utilizado no transporte dos resíduos

Na implantação dos sistemas considerou-se o transporte dos resíduos. Para encontrar o total de diesel utilizado no transporte desses resíduos foi necessária uma estimativa da quantidade de resíduos transportados.

Com base no curtume, citado por Class e Maia [23], verificou-se quais tanques são construídos de concreto escavado no solo e qual o seu volume útil, estimando assim, a quantidade de terra retirada na construção. Para encontrar a quantidade de resíduos a serem transportados acrescentou-se 25% devido ao aumento do volume da terra em sua retirada.

Estimou-se, que cada caminhão possui uma capacidade de transportar, a terra proveniente da escavação, de 16 m³. Para o despejo desta terra o caminhão percorre 10 km e faz com um litro de diesel 8 km.

Trabalho humano da implantação e operação das unidades

Não foi possível identificar na prática ou por meio de literatura consultada, a mão-de-obra necessária em cada etapa da implantação e do processo. De posse de informações pessoais recebidas de engenheiros admitiu-se, neste trabalho, que a mão-de-obra utilizada na construção das unidades foi estimada com relação às horas necessárias à execução de cada planta.

Admitiu-se que, para a construção da unidade de caleiro, são necessárias 05 pessoas trabalhando por 160 h/mês durante 04 meses.

Utilizou-se do mesmo critério para estimar a quantidade de horas trabalhadas na construção da unidade de reciclagem de cromo e para a construção da estação de tratamento dos efluentes líquidos admitiu-se que são necessárias 10 pessoas trabalhando 160 h/mês durante 06 meses.

Para a contabilização da mão-de-obra utilizada na operação, na análise financeira, admitiu-se que o salário médio de um técnico seja de dois salários mínimos por mês [23] e que os encargos sociais são de 37,30% (INSS 28,80% e FGTS 8,5%) dos salários mais 1/3 das férias [24]. As unidades de caleiro e cromo possuem um técnico em cada uma, enquanto, a estação de tratamento de efluentes líquidos estima-se que haja seis técnicos para sua operação.

Na análise emergética, a mão-de-obra utilizada na operação da planta foi estimada nas horas trabalhadas no ano. Odum [1] sugere que este valor leve em consideração as calorias para um individuo suprir suas necessidades por dia, vezes o número de dias trabalhados por ano e convertido em joule. Considerou-se

que o ano tem 52 semanas e que se trabalha 5 dias na semana, ou seja 260 dias no ano. Como um trabalhador tem 30 dias de férias conclui-se que esse funcionário trabalhe 230 dias no ano.

Com a multiplicação da quantidade de dias trabalhados no ano pela quantidade de horas trabalhadas por dia encontra-se a quantidade de horas trabalhadas no ano. Estimou-se a mesma quantidade de funcionários que na análise financeira.

Eletricidade

Para encontrar qual o consumo de energia em cada unidade levantou-se o consumo W/dia de cada equipamento.

Segundo o projeto citado por Class e Maia [23], há um consumo de energia de 125.000 kWh/mês e que 2/3 da energia gasta são dos aeradores. Com isso conclui-se que há um consumo de 4.167 kWh/dia (125.000 kWh / 30 dias) e que 2.778 kWh/dia são gastos pelos aeradores. O restante 1.389 kWh/dia rateou-se entre as estações, com base na proporção de consumo de energia dos equipamentos de cada unidade, os detalhes dos cálculos são encontrados no anexo G.

Oxigênio

Estação de tratamento de efluentes líquidos recebe oxigênio, ofertado gratuitamente pela natureza, no tanque de homogeneização e no tanque de tratamento secundário.

Para encontrar a quantidade de oxigênio necessário no processo estimou-se a quantidade de sulfetos presentes no curtume. No tanque de homogeneização ocorre a oxidação dos sulfetos, que varia a quantidade devido à existência ou não de unidades de reciclagem.

Baseado em dados de um curtume sem unidades de reciclagem e que processa 8.000 kg/dia de peles [23], como mostra a tabela 2, estimou-se a quantidade sulfetos presentes para o curtume de 25.000 kg/dia de pele.

Se um curtume que processa 8.000 kg/dia de peles possui um volume dos banhos de 132 m³/dia que contenham sulfetos, para um curtume que processa

25.000 kg/dia de peles as quantidades dos banhos são de 413 m³/dia e as quantidades de sulfetos presentes nos banhos são de 253 kg/dia.

Tabela 2: Dados de um curtume italiano que processa 8.000 kg/dia de pele [23], p.149.

Processo	Volume dos Banhos m³	Sulfeto kg
Remolho	19	2,62
Depilação	19	60,8
Lavagem	32	13,44
1º Lavagem	12	3,6
2º Lavagem	50	0,3
TOTAL	132	80,76

Quando há reciclagem nos processos de um curtume, os banhos que chegam ao tanque de homogeneização atingem um teor médio de sulfeto residual de 20 mg S⁻/L de efluentes [23].

Além da oxidação dos sulfetos no tanque de homogeneização, haverá a oxidação biológica no tanque secundário. Segundo um acompanhamento analítico de um sistema de lodos ativados por aeração prolongada realizado por Class e Maia [23] o tanque de tratamento secundário possui uma eficiência de 97,5%, na redução do DBO₅, como mostra a figura 10 e 11.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é utilizada para medir a quantidade de oxigênio requerida para a oxidação aeróbica de matérias orgânicas biodegradáveis presentes na água.

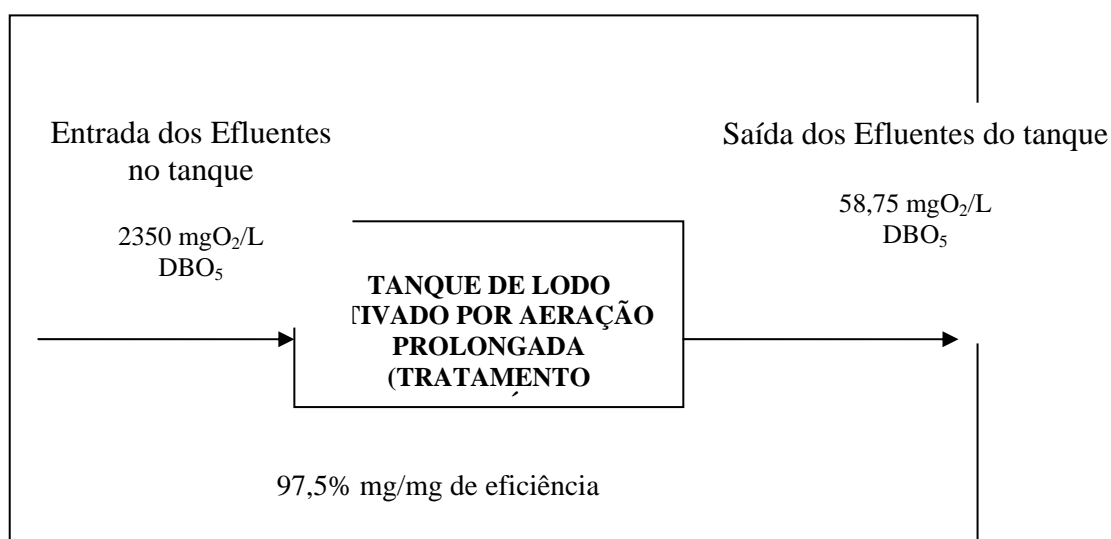


Figura 10: Eficiência do tanque de tratamento secundário na redução da DBO₅ sem unidades de reciclagem nos processos do curtume, segundo Class e Maia [23]

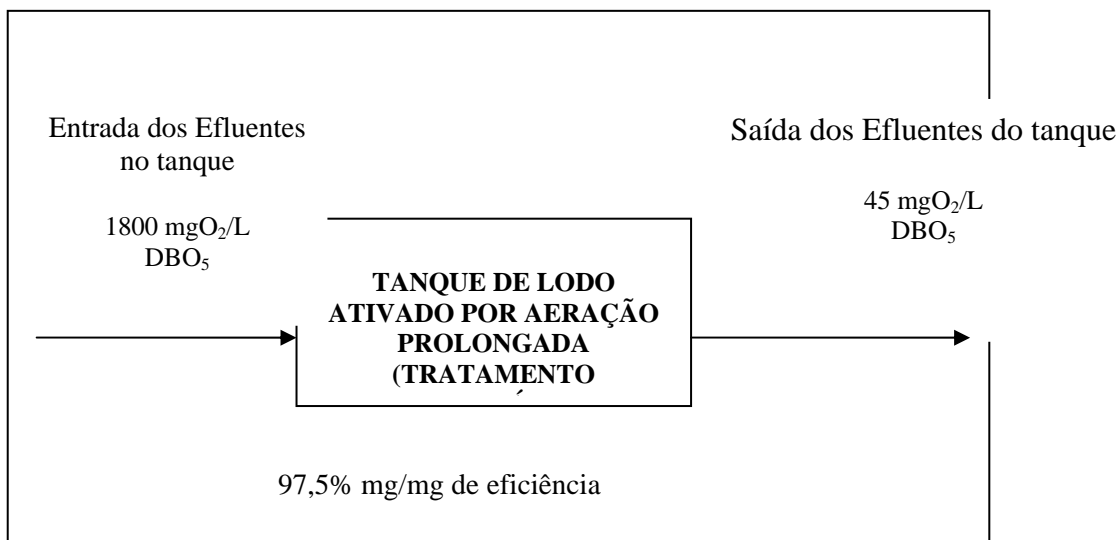


Figura 11: Eficiência do tanque de tratamento secundário na redução da DBO₅ com unidades de reciclagem nos processos do curtume segundo Class e Maia [23].

Quando há unidades de reciclagem nos processos de um curtume a quantidade de efluentes que chega no tanque de lodo ativado é menor, necessitando de menos oxigênio para oxidação dos sulfetos.

Chuva

Na contabilização da água de chuva que o sistema recebe utilizou-se da climatologia de precipitação de um ano do Rio Grande do Sul [25], estado de origem do projeto de Class e Maia [23], 1.348 mm de precipitação ao ano (figura 12). O tanque de homogeneização e o tanque de lodo ativado por aeração, que recebem água da chuva, possuem 200 m² e 720 m² de área respectivamente. Baseado na precipitação e dimensões de cada tanque verificou-se que o tanque de homogeneização recebe 270 m³ de água da chuva por ano (200 x 1.348 / 1000) e tanque de lodo ativado recebe 970 m³.

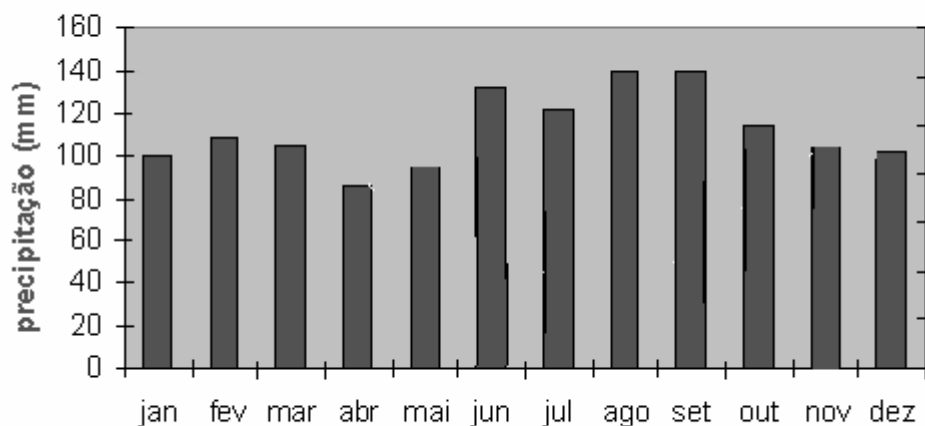


Figura 12: Climatologia de Precipitação de Porto Alegre–RS [24]

Água e produtos químicos da unidade de reciclagem de caleiro

Para encontrar a quantidade água e produtos químicos recuperados no processo de caleiro elaborou-se um balanço de massa como mostra a figura 13. Na composição inicial do caleiro utiliza-se, em relação à quantidade de peles, 300% (kg/kg) de água, 3% (kg/kg) de sulfeto de sódio e 3% (kg/kg) hidróxido de cálcio.

Considerou-se que, com o processo de reciclagem de caleiro, recupera-se 50% de sulfeto de sódio e 30% de hidróxido de cálcio. Da água inicialmente colocada no processo de depilação e caleiro 80% são passíveis de recuperação, mas uma parte fica no lodo. [23]

Segundo Class e Maia [23], página 65, um curtume que processa 8.000 kg de peles possui cerca de 815,11 kg/dia de sólidos suspensos. A mesma autora afirma que 80,5% do lodo gerado são compostos por água.

Baseado nessas informações pode-se estimar que um curtume com produção de 25.000 kg/dia possuem 2.550 kg/dia de sólidos suspensos que representam 19,5% de todo o lodo. Sabe-se que 80,5% do lodo é água, ou seja, 10.530 kg/dia.

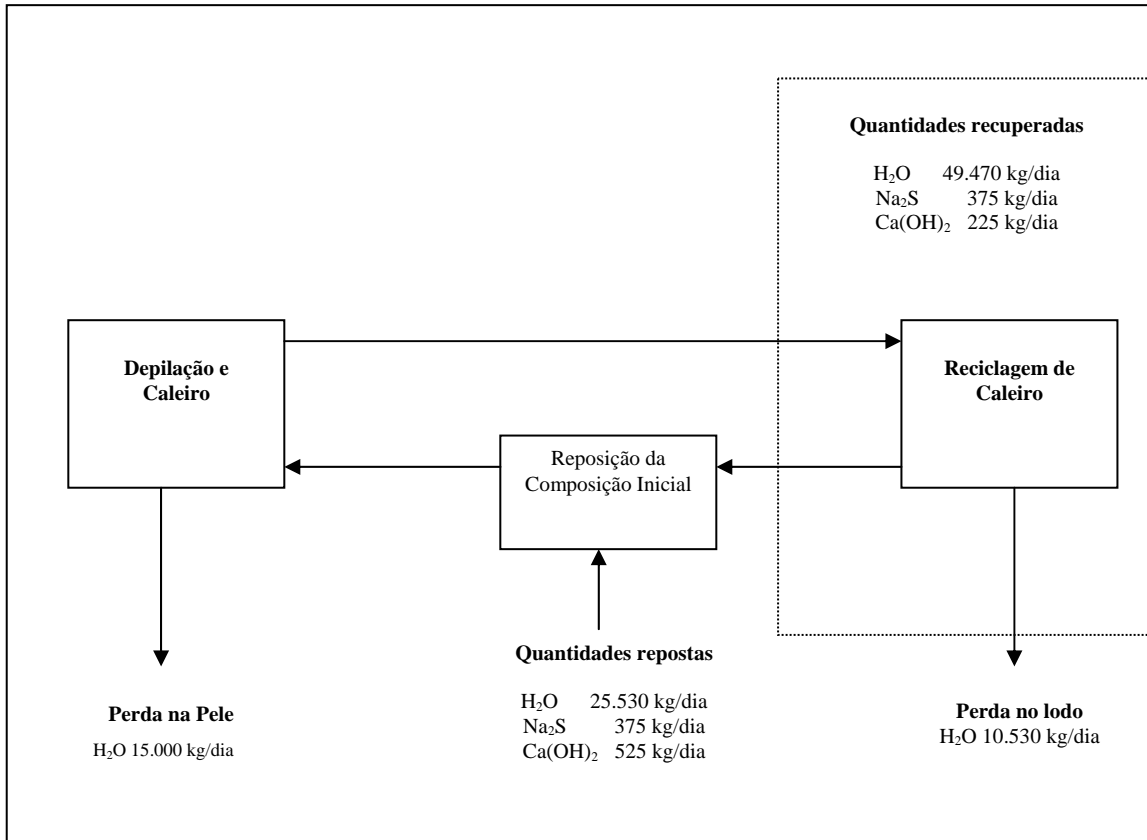


Figura 13: Balanço de Massa do Processo de Depilação e Caleiro e da Unidade de Reciclagem de Caleiro

5.1.2. Benefícios identificados

Redução na quantidade de efluentes com unidades de reciclagem nos processos

Um curtume com unidades de reciclagem em seus processos possui uma quantidade menor de efluentes que chega na estação de tratamento de efluentes líquidos.

Com a unidade de reciclagem de caleiro economiza-se 49.470L de água/dia e utilizando a mesma água do processo de piquel no curtimento economiza-se 25.000 L/dia. O presente projeto considera que a quantidade de efluentes do curtume sem unidades de reciclagem é de 750.000 L/dia, com a economia no processo de caleiro e curtimento a quantidade de efluentes pode chegar a 675.530 L/dia.

Neste trabalho admitiu-se que da estimativa de que há uma redução de efluentes, quando se faz reciclagens, de 10% da quantidade de efluentes sem reciclagem. A quantidade de efluentes quando se faz reciclagem é de 675.000 L/dia.

Benefícios financeiros

Os benefícios financeiros identificados nos processos são o material recuperado, $Ef(Rm)$, a redução de insumos, $Ef(Ri)$, e a redução de insumos na planta de tratamento de efluentes líquidos, $Ef(Rit)$. Os benefícios financeiros são associados com a expressão 6.

$$\text{Benefícios} = Ef(Rm) + Ef(Ri) + Ef(Rit) \quad (6)$$

Benefícios emergéticos

Para o presente trabalho dois tipos de benefícios emergéticos foram identificados: os benefícios associados aos processos do curtume, material recuperado, $Em(Rm)$, redução de insumos, $Em(Ri)$, e os benefícios associado a planta de tratamento de efluentes, redução entradas, $Em(Rit)$ e a redução da carga ambiental pela redução do consumo de oxigênio, $Em(Ro)$. O total de benefícios emergéticos é associado com a expressão 7.

$$\text{Benefícios} = Em(Rm) + Em(Ri) + Em(Rit) + Em(Ro) \quad (7)$$

5.1.3. Procedimentos para contabilidade financeira

Na realização da contabilidade financeira foi necessário, com base nos mesmos dados coletados na contabilidade emergética, o levantamento dos investimentos para construção das unidades de reciclagem e da estação de tratamento de efluentes líquidos.

Como o projeto (anexo P) continha somente o valor do concreto e dos motores associados a cada obra, foi necessário fazer um rateio dos investimentos indiretos

(aqueles investimentos que não estão associados a qual obra é destinada) com relação aos investimentos diretos.

Encontrado o valor dos investimentos totais de cada obra, verificou-se o custo operacional das plantas. Para contabilização desses custos elaborou-se uma a tabela como mostra o exemplo da tabela 4.

Os cálculos foram realizados em moeda americana e convertidos em reais pela cotação do valor médio do dólar de 3,00 em Agosto/2004 [25]. Os valores totais dos custos operacionais em reais foram obtidos por meio da multiplicação da coluna valor total/ano por R\$ 3,00.

Tabela 3 – Formato das tabelas de análise financeira utilizada no estudo

Item	Custos	Unidade	Quantidade Unidades/ano	Valor Médio por unidade (US\$)	Valor total/ano (US\$)	Valor Total/ano (R\$)
1	Energia Eletrica	kWh	A	B	$A \times B = C$	$C \times 3,00$

Com base nas tabelas pode-se verificar qual foi a economia e a recuperação de cada insumo devido à implantação de cada unidade de reciclagem.

Valores utilizados na contabilidade financeira

Para a contabilização foi necessário o uso dos valores pagos pela energia elétrica, água e de produtos químicos.

O valor da energia foi estimado com base nas tarifas médias por classe de consumo regional e Brasil [27]. A Água foi estimada com base nos valores cobrados pela Companhia Riograndense de Saneamento [28].

Para o levantamento dos preços dos insumos químicos utilizou-se de uma pesquisa realizada pela revista química e cotações efetuadas com empresas fornecedoras dos produtos, como mostra a tabela 3.

O presente trabalho utilizou-se dos preços cotados com empresas fornecedoras dos produtos, pois na pesquisa realizada pela revista química houve

divergências de preços para produtos iguais e por não ter sido realizada com todos os produtos necessários.

Tabela 4: Preços dos insumos químicos

Insumos Químicos	[29] R\$ / kg	[30] R\$ / kg	[31] R\$ / kg
Ácido Sulfúrico	0,80	0,80	0,78
Hidróxido de Cálcio	-	-	15,00
Hidróxido de Sódio	-	-	1,11
Sulfato de Alumínio	0,46	0,71	0,81
Sulfato de Cromo	8,68	-	2,34
Sulfato de Manganês	7,50	0,90	2,28
Sulfeto de Sódio	16,08	2,51	1,89
Solução de Polietrolito	-	-	7,41

5.1.4. Procedimentos para contabilidade emergética

Os procedimentos para realizar uma contabilidade emergética de um sistema incluem 03 etapas. As etapas incluem desenhar os diagramas de sistemas de energia, preparar uma tabela da contabilização de energia e calcular índices emergéticos para a interpretação. O presente trabalho não realiza a terceira etapa.

Diagramas de energia

Primeiro desenha-se um diagrama do sistema de energias inicial, combinando informações relevantes e até mesmo secundárias. O diagrama inclui o ambiente e a economia.

Com base no diagrama inicial deve-se definir o limite e a escala do sistema e identificar os elementos que direcionam o sistema e seus processos (incluindo fluxos e transações de dinheiro que sejam importantes).

Para o presente trabalho elaborou-se o diagrama de energia sem as unidades de reciclagem de calceiro e cromo e com as unidades de reciclagem, como mostra a figura 6 e 7.

A caixa retangular, dos diagramas de energia das figuras 6 e 7, é desenhada para representar os limites selecionados para o sistema e os fluxos que cruzam esse limite foram contabilizados.

Tabela de contabilidade de energia

A segunda etapa é a preparação da tabela de energia. A tabela foi preparada com 6 colunas e com títulos, como mostra a tabela 5.

Tabela 5 – Formato das tabelas de análise energéticas utilizadas no estudo

Item	Descrição	Unidade	Quantidade Unidade/ano	Energia por unidade sej/unidade	Energia sej/ano
Implantação do Sistema					
1	Tanques de Concreto	g	A	B	$A \times B = X$
Fase de operação da Planta					
8	Eletricidade	J	C	D	$C \times D = Y$
					X + Y
Total Energia da E.T.E. Líquidos sem reciclagem					

A primeira coluna é o número do item, que nos anexos de H a O será utilizado para identificar as notas de cada cálculos. A descrição de cada item está na segunda coluna. A terceira coluna é a unidade dos dados que pode ser em joules ou gramas. A quantidade de cada item ano é encontrada na quarta coluna. Na quinta coluna encontra-se a energia por unidade ou transformidade, que foi baseada na tabela 6. A sexta coluna encontra-se a energia solar, cujo valor obtém-se pela multiplicação da quarta pela quinta coluna.

Tabela 6 – Energia por unidade

Item	Energia por massa (sej/g)	Transformidade (sej/J)	Referência
Água	2.25×10^5		[32]
Chuva		1.82×10^4	[1]
Cobre	2.00×10^9		[33]
Concreto	7.34×10^8		[1]
Diesel		6.60×10^4	[4]
Eletricidade		1.65×10^5	[4]
Máquinas	4.10×10^9		[34]
Oxigênio	5.16×10^7		[35]
Plástico	1.50×10^9		[12]
Tubos de Plásticos	5.87×10^9		[4]
Produtos Químicos	2.65×10^9		[4]
Trabalho Humano		7.38×10^6	[36]

Diagrama Triangular

Para comparar os benefícios com os custos de operação da planta empregou-se a ferramenta do diagrama triangular [5].

Para a análise econômica as coordenadas utilizadas no diagrama triangular foram as dos benefícios, a eletricidade e outros custos (salários, encargos e produtos químicos), como mostra a figura 14.

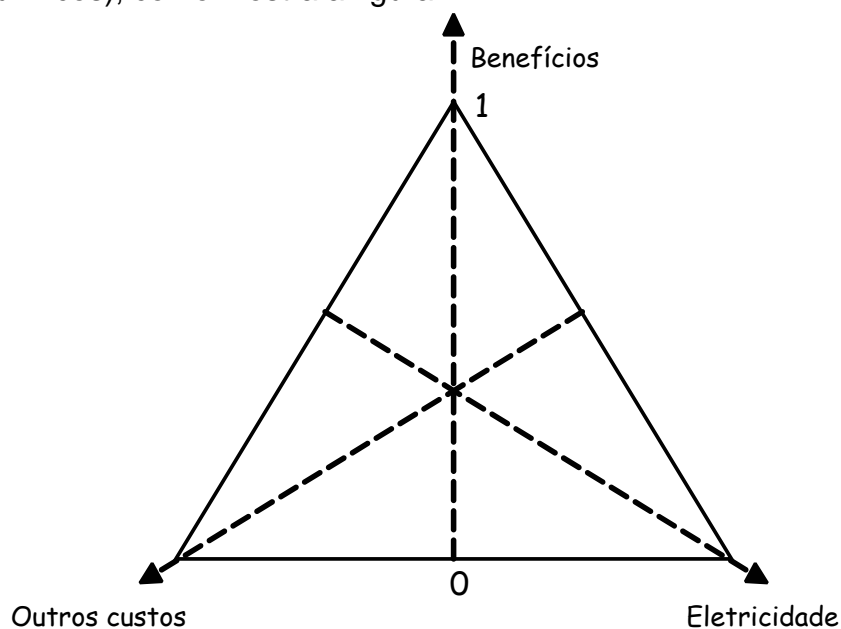


Figura 14 – Coordenadas do Diagrama Triangular para Análise Econômica

Na unidade de caleiro, os custos com os salários, 13º salário e férias representam 30% (R\$/R\$), os encargos trabalhistas representam 11% (R\$/R\$) do total dos custos e a eletricidade representa 59% (R\$/R\$) como mostra a figura 15.

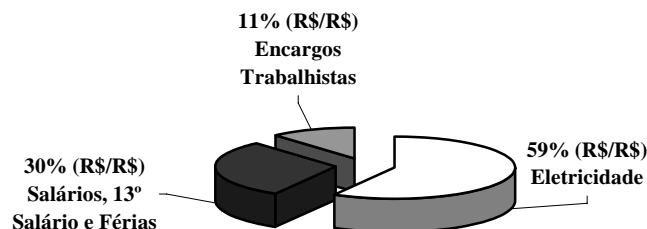


Figura 15 – Percentual dos custos operacionais da unidade de reciclagem de caleiro

Os custos com salários, 13º salário, férias e encargos da unidade de reciclagem de insumo cromo, representam 19% (R\$/R\$), os produtos químicos 71% (R\$/R\$) e a eletricidade representa 10% (R\$/R\$) como mostra a figura 16.

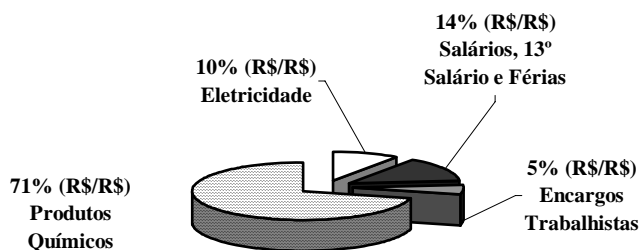


Figura 16 – Percentuais dos Custos operacionais anuais da unidade de reciclagem de cromo

Na estação de tratamento dos efluentes líquidos a eletricidade representa 64% (R\$/R\$), salários e os encargos 24% (R\$/R\$) e os produtos químicos 14% (R\$/R\$) (figura 17).

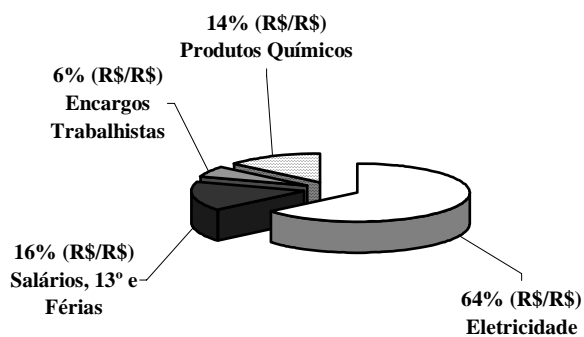


Figura 17 – Percentual dos Custos operacionais anuais da Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos

Na análise emergética, as coordenadas estão associadas aos benefícios, eletricidade e trabalho humano/produtos químicos/chuva/oxigênio. Como mostra a

figura 18, a coordenada que vai da base do triângulo ao vértice superior é associada aos benefícios, a coordenada do lado direito é associada a energia da eletricidade e para coordenada do lado esquerdo a energia do trabalho humano/produtos químicos/chuva/oxigênio.

Para o cálculo emergético foram contabilizados todos os recursos necessários à implantação e operação das unidades, mas para análise no diagrama triangular utilizou-se da energia do trabalho humano, produtos químicos, chuva, oxigênio e da eletricidade pela representativa dentro do sistema. Na unidade de reciclagem de calceiro a eletricidade representa 91% (sej/sej) de toda energia do sistema e o trabalho humano 9% (sej/sej). Para unidade de reciclagem de cromo os produtos químicos representam 80% (sej/sej), o trabalho humano 4% (sej/sej) e a eletricidade representa 16% (sej/sej). Na estação de tratamento de efluentes líquidos a energia da eletricidade representa 84% (sej/sej) de toda a energia do sistema enquanto que os produtos químicos, trabalho humano, chuva e oxigênio representam 16% (sej/sej) da energia total do sistema.

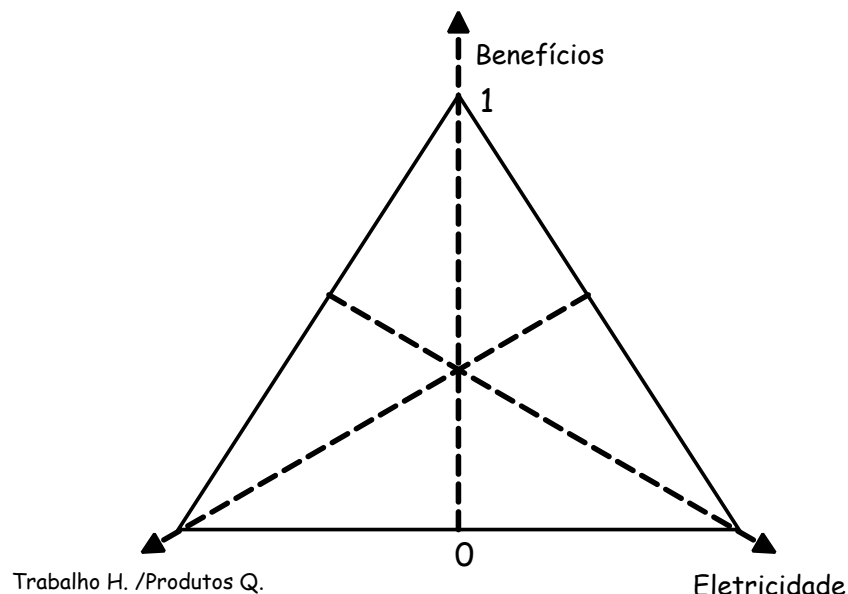


Figura 18 – Coordenadas do Diagrama Triangular para Análise Emergética

A coordenada do benefício é utilizada para comparar a energia dos investimentos com eletricidade e produtos químicos com os benefícios gerados. A figura 19 mostra o diagrama triangular com a linha do “jogo de empate”. No momento que o ponto atingir essa linha significa que os investimentos realizados igualaram aos benefícios gerados.

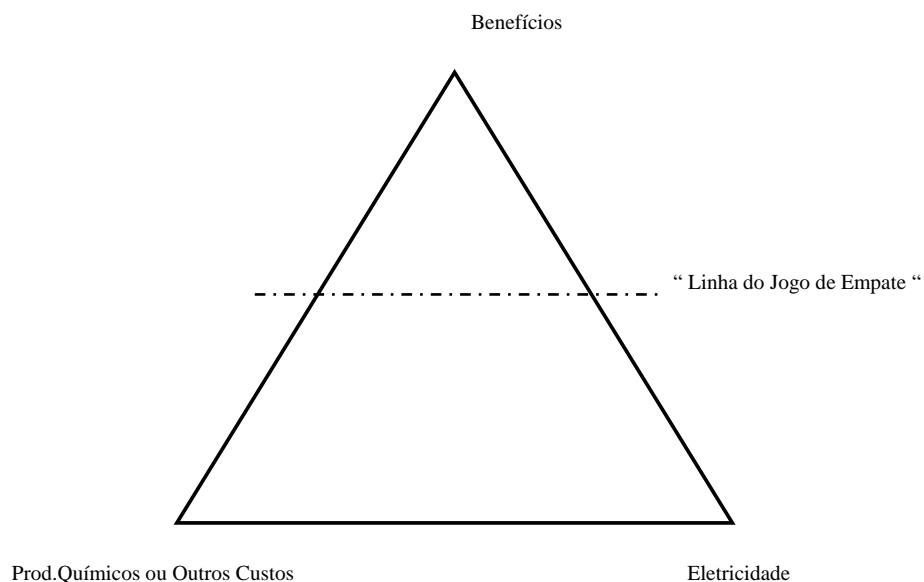


Figura 19 - Diagrama Triangular com a “Linha do Jogo de Empate”

5.2. Resultados e Discussão

5.2.1 Análise Financeira

A tabela 7 mostra os investimentos necessários à implantação dos sistemas de reciclagem de caleiro, de reciclagem de insumos cromo e da estação de tratamento de efluentes líquidos. No projeto citado por Class e Maia [23] os investimentos com obras civis e equipamentos já estão associados a cada unidade, restando uma distribuição dos outros investimentos a cada unidade. Os investimentos da tabela 8 foram rateados a cada unidade com base nos investimentos em obras civis e equipamentos já alocados a cada unidade. Na tabela 7 verifica-se que para a implantação das unidades de reciclagem e da estação de tratamento de efluentes são necessários R\$ 3.365.142,00 (US\$ 1,121,714.00).

Tabela 7: Rateio dos investimentos por unidade de tratamento (Anexo P)

Investimentos	US\$				Investimento Indireto US\$	Investimento Total US\$	Investimento Total R\$
	Obras Civis	Investimentos Diretos Motores	Total	%			
Reciclagem de Caleiro	7,005.00	48,833.00	55,838.00	6%	9,993.00	65,831.00	197.493,00
Reciclagem de Insumo Cromo E.T.E.	2,329.00	89,004.00	91,333.00	10%	16,655.00	107,988.00	323.964,00
Líquidos	92,646.00	715,347.00	807,993.00	84%	139,902.00	947,895.00	2.843.685,00
Total	101,980.00	853,184.00	955,164.00	100%	166,550.00	1,121,714.00	3.365.142,00

Tabela 8: Relação de outros investimentos

Relação de Investimentos Indiretos	US\$
Projeto básico completo do sistema referente ao despejo líquido	8,000.00
Mão-de-obra de implantação (incluindo leis sociais)	35,000.00
Tubulação e acessórios	30,000.00
Instalações Elétricas	25,250.00
Caminhão para transporte da terra retirada.	59,000.00
Treinamento do pessoal	9,300.00
Total dos custos indiretos	166,550.00

A figura 20 mostra a proporcionalidade de investimentos em cada unidade de reciclagem e na estação de tratamento de efluentes líquidos.

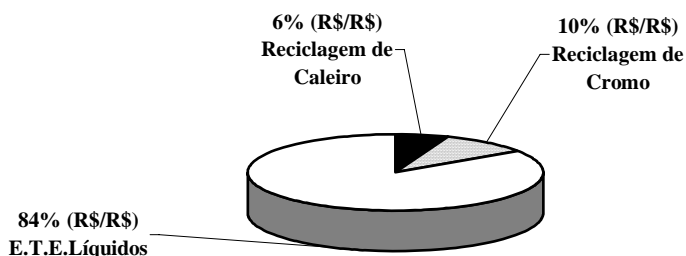


Figura 20 – Percentuais dos investimentos totais para construção das unidades de reciclagem de E.T.E. Líquidos

Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos sem unidades de reciclagem nos processos

Os custos para operação da estação de tratamento de efluentes líquidos sem as unidades de reciclagem são maiores devido à quantidade de efluentes que recebe. Para sua operação a unidade precisa de 06 funcionários, produtos químicos e eletricidade.

O custo total anual da estação de tratamento de efluentes líquidos sem unidades de reciclagem em seu processo é de 321.942,75 (US\$ 107,314.25), como mostra a tabela 9.

Com as unidades de reciclagem a quantidade de efluentes pode reduzir cerca de 10%, utilizando assim, menos produtos químicos.

Tabela 9: Custos operacionais anuais da estação de tratamento de efluentes líquidos sem unidades de reciclagem em seus processos.

Item	Custos da unidade		Quantidade unidade/ano*	Valor médio por unidade	Valor Total/ano US\$	Valor Total/ano US\$
	Unidade					
1	Eletricidade	kWh	1.350.000	0.05	67,500.00	202.500,00
2	Salários e 13º Salário	funcionário	06	1,200.00	15,600.00	46.800,00
3	Férias + 1/3 Férias				1,600.00	4.800,00
4	Encargos trabalhistas (28,8 INSS e 8,5% FGTS)				6,415.60	19.246,80
5	Produtos Químicos					
	Sulfato de Manganês	kg	6.825	0.76	5,187.00	15.561,00
	Sulfato de Alumínio	kg	39.000	0.27	10,530.00	31.590,00
	Solução de Polieletrólito	kg	195	2.47	481.65	1.444,95
Total					107,314.25	321.942,75

* Notas de cálculos para tabela 9 no anexo A

Unidade de Reciclagem de Caleiro

Os custos operacionais anuais da unidade de reciclagem de caleiro, como mostra a tabela 10, são de R\$ 28.308,00 (US\$ 9,435.98). Para a contabilização desses custos considerou-se a eletricidade, salários, 13º salários, férias e encargos trabalhistas. A operação da unidade de caleiro gera economia de produtos químicos como sulfeto de sódio e hidróxido de cálcio e água, que voltam ao processo de depilação e caleiro.

Tabela 10: Custos operacionais anuais da unidade de reciclagem de caleiro

Item	Custos da unidade	Unidade	Quantidade unidade/ano *	Valor médio por unidade	Valor Total/ano US\$ *	Valor Total/ano R\$ *
1	Eletricidade	kWh	110.000	0.05	5,500.00	16.500,00
2	Salários e 13º Salário	funcionário	01	200.00	2,600.00	7.800,00
3	Férias + 1/3 Férias				266.70	800,00
4	Encargos trabalhistas (28,8 INSS e 8,5% FGTS)				1,069.28	3.208,00
Total					9,435.98	28.308,00

* Notas de cálculos para tabela 10 no anexo B.

A economia anual que o processo de depilação e caleiro possui é de R\$ 1.073.350,98 (US\$ 357,783.66), como mostra tabela 11. Com a unidade de reciclagem de caleiro recupera-se sulfeto de sódio, hidróxido de cálcio e água.

Tabela 11: Economia Anual com a unidade de reciclagem de caleiro

Item	Insumos Economizados	Unidade	Quantidade unidade/ano *	Valor médio por unidade	Valor Total/ano US\$ *	Valor Total/ano R\$ *
1	Produtos Químicos					
	Sulfeto de Sódio	kg	97.500	0.63	61,425.00	184.275,00
	Hidróxido de Cálcio	kg	58.500	5.00	292,500.00	877.500,00
2	Água	m ³	12.862,20	0.30	3,858.66	11.575,98
Total					357,783.66	1.073.350,98

* Notas de cálculos para tabela 11 no anexo C

Unidade de Reciclagem de Cromo

Na operação da unidade de reciclagem de cromo considerou-se a eletricidade, os salários, 13º salário, férias, encargos e produtos químicos (hidróxido de sódio e ácido sulfúrico). Os custos operacionais anuais empregados na unidade são de R\$ 61.878,00 (US\$ 20,626.70), como mostra a tabela 12. Os custos com salários e encargos são de R\$ 11.808,00 representando 19% (R\$/R\$) do total, os produtos químicos representam 71% (R\$/R\$) com um valor anual de R\$ 44.070,00.

No processo de reciclagem de cromo recupera-se sulfato de cromo. Segundo Class e Maia [23], a unidade de reciclagem de cromo recupera 480 kg/dia do produto comercial, caracterizando uma economia anual de R\$ 292.032,00 (US\$ 97,344.00), como mostra a tabela 13.

Tabela 12: Custos operacionais anuais da unidade de reciclagem de cromo

Item	Custos da unidade	Unidade	Quantidade unidade/ano *	Valor médio por unidade	Valor	Valor
					Total/ano US\$ *	Total/ano R\$ *
1	Eletricidade	kWh	40.000	0.05	2,000.00	6.000,00
2	Salários e 13º Salário	funcionário	01	200.00	2,600.00	7.800,00
3	Férias + 1/3 Férias				266.70	800,00
4	Encargos trabalhistas (28,8 INSS e 8,5% FGTS)				1,070.00	3.208,00
5	Produtos Químicos					
	Hidróxido de Sódio	kg	26.000	0.37	9,620.00	28.860,00
	Ácido Sulfurico	kg	19.500	0.26	5,070.00	15.210,00
Total					20,626.70	61.878,00

* Notas de cálculos para tabela 12 no anexo D

Tabela 13: Economia Anual com a unidade de reciclagem de cromo

Item	Insumos Economizados	Unidade	Quantidade unidade/ano *	Valor médio por unidade	Valor	Valor
					Total/ano US\$ *	Total/ano R\$ *
1	Produtos Químicos Sulfato de Cromo **	kg	124.800	0.78	97,344.00	292.032,00
Total					97,344.00	292.032,00

* Notas de cálculos para tabela 13 no anexo E

** Segundo Class e Maia [23], p.491, 120 kg/dia de Cr₂O₃ são passíveis de reciclagem. O mesmo autor afirma que 25% dos sais de cromo comercial são constituídos por Cr₂O₃. Conclui-se que Os 120 kg/dia de Cr₂O₃ recuperados representam uma economia diária de 480 kg/dia do produto comercial.

Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos com unidades de reciclagem nos processos

Os custos para operação da estação de tratamento de efluentes líquidos são maiores que os custos das unidades de reciclagem. Devido à quantidade de efluentes que recebe e por ser o tratamento final de um curtume, a unidade necessita de mais funcionários, energia e produtos químicos.

Para sua operação a unidade precisa de 06 funcionários, aumentando os custos com salários e encargos que representam 24% (R\$/R\$) do total dos custos.

O custo total anual da estação de tratamento de efluentes líquidos é de R\$ 317.085,72 (US\$ 105,695.24), como mostra a tabela 14.

Os custos da estação de tratamento de efluentes líquidos reduzem R\$ 4.864,20 (US\$ 1,621.40), como mostra a tabela 15, quando há unidades de reciclagem nos processos de um curtume. Com as unidades de reciclagem a

quantidade de efluentes pode reduzir cerca de 10%, utilizando assim, menos produtos químicos.

Tabela 14: Custos operacionais anuais da estação de tratamento de efluentes líquidos com unidades de reciclagem em seus processos.

Item	Custos da unidade		Quantidade unidade/ano *	Valor médio por unidade	Valor Total/ano US\$ *	Valor Total/ano R\$ *
	Unidade					
1	Eletricidade	kWh	1.350.000	0,05	67.500,00	202.500,00
2	Salários e 13º Salário	funcionário	06	1.200,00	15.600,00	46.800,00
3	Férias + 1/3 Férias				1.600,00	4.800,00
4	Encargos trabalhistas (28,8 INSS e 8,5% FGTS)				6.415,60	19.246,80
5	Produtos Químicos					
	Sulfato de Manganês	kg	6.142	0,76	4.667,92	14.003,76
	Sulfato de Alumínio	kg	35.100	0,27	9.477,00	28.431,00
	Solução de Polieletrólito	kg	176	2,47	434,72	1.304,16
Total					105.695,24	317.085,72

* Notas de cálculos para tabela 14 no anexo F

Tabela 15: Economia Anual na estação de tratamento de efluentes líquidos com as unidades de reciclagem em seus processos.

Insumos Economizados	Unidade	Quantidade unidade/ano *	Valor médio por unidade	Valor Total/ano US\$ *	Valor Total/ano R\$ *
Sulfato de Manganês	kg	683	0,76	519,00	1.557,00
Sulfato de Alumínio	kg	3.900	0,27	1.053,00	3.159,00
Solução de Polieletrólito	kg	20	2,47	49,40	148,20
Total				1.621,40	4.864,20

* Notas de cálculos para tabela 15 no anexo G

Diagrama Triangular Financeiro

Os benefícios financeiros das unidades de reciclagem foram comparados com os custos da eletricidade e com outros custos (salários, encargos, e produtos químicos) no diagrama triangular.

Como mostra a figura 21, os benefícios ultrapassam a “linha do jogo de empate”, configurando um maior benefício financeiro anual que os custos com salários e eletricidade anual. O ponto 1, unidade de reciclagem de caleiro, ultrapassa a “linha do jogo de empate” em 47% (R\$/R\$), faltando 3% (R\$/R\$) para obter o dobro de benefícios financeiros que os custos operacionais anuais.

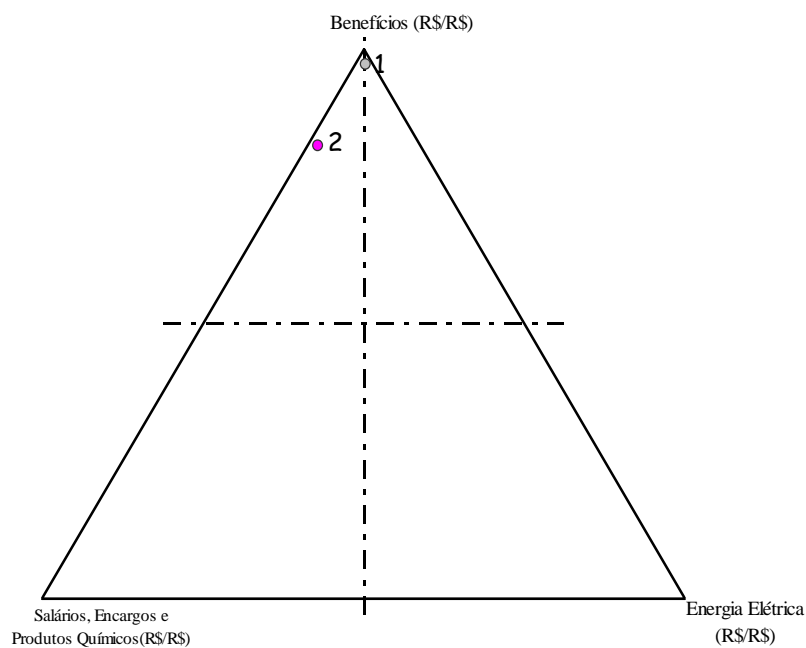


Figura 21 – Diagrama Triangular Financeiro das unidades de reciclagem: Ponto 1 Unidade de Reciclagem de Caleiro; Ponto 2 Unidade de Reciclagem de Cromo

O ponto 2, reciclagem de cromo, mostra que os benefícios financeiros superam os custos operacionais anuais em 33% (R\$/R\$), menor que os benefícios do ponto 1, mas ultrapassando a “linha do jogo de empate”

A figura 22 mostra o sistema de tratamento de efluentes líquidos sem unidades de reciclagem, ponto 1, e com unidades de reciclagem, ponto 2.

O ponto 2, sistema de tratamento de efluentes líquidos com unidades de reciclagem, ultrapassa a linha “do jogo de empate” mostrando que os benefícios financeiros são maiores que a energia, salários, 13º salários, encargos e produtos químicos.

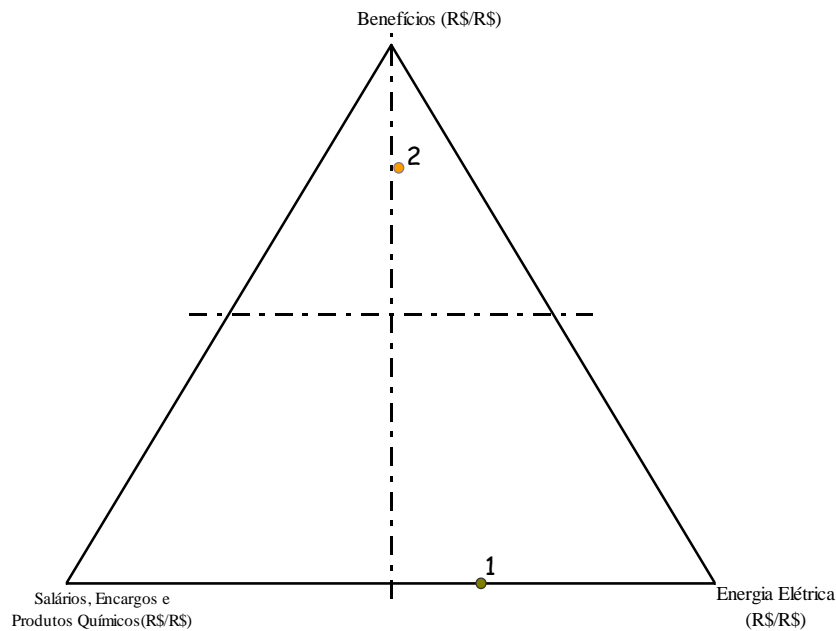


Figura 22 – Diagrama Triangular Financeiro das estações de tratamento de efluentes líquidos: Ponto 1 Estação de Tratamento sem unidades de reciclagem nos processo; Ponto 2 Estação de Tratamento com unidades de reciclagem nos processo.

Ao analisar os investimentos efetuados na implantação das unidades de reciclagem com os custos e benefícios financeiros gerados por tais investimentos pode-se calcular o *payback* do investimento. O investimento efetuado na implantação do sistema de caleiro foi de R\$ 197.493,00, depois de implantado o sistema a unidade tem como custos de operação R\$ 28.308,00 por ano e gera R\$ 1.073.350,98 por ano de benefícios financeiros. Os benefícios financeiros gerados pela unidade de reciclagem de caleiro menos os custos operacionais resultam no valor economizado por ano de R\$ 1.045.042,98. Este valor é a recuperação que o investimento efetuado no ano 0 terá por ano. No primeiro ano todo o valor investido no ano 0 será recuperado, fazendo com que nos próximos anos se tenha lucros (tabela 16).

Tabela 16: Demonstrativo de *Payback* do investimento realizado na unidade de reciclagem de caleiro.

Anos	Investimentos Totais R\$/ano	Custos operacionais anuais R\$/ano	Benefícios Financeiros anuais R\$/ano	Saldos dos investimentos recuperados R\$/ano
Ano 0	- 197.493,00			- 197,493
Ano 1		- 28.308,00	1.073.350,98	847.549,98
Ano 2		- 28.308,00	1.073.350,98	1.892.592,96
Ano 3		- 28.308,00	1.073.350,98	2.937.635,94
Ano 4		- 28.308,00	1.073.350,98	3.982.678,92
Ano 5		- 28.308,00	1.073.350,98	5.027.721,90
Ano 6		- 28.308,00	1.073.350,98	6.072.764,88
Ano 7		- 28.308,00	1.073.350,98	7.117.807,86
Ano 8		- 28.308,00	1.073.350,98	8.162.850,84
Ano 9		- 28.308,00	1.073.350,98	9.207.893,82

Na figura 23, o diagrama triangular demonstra o *payback* (tempo de retorno). O ponto do ano 0 representa o investimento total para implantar a unidade de reciclagem de caleiro e os outros pontos estão representados pelos anos seguintes ao do investimento. O ponto, representado pelo ano 1, ultrapassa a linha do jogo de empate significando que a partir do primeiro ano o investimento feito no ano 0 é recuperado.

O investimento efetuado na implantação da unidade de reciclagem do insumo cromo foi de R\$ 323.964,00, para operar a planta é necessário custos anuais de R\$ 61.878,00 que gera R\$ 292.032,00 por ano de benefícios financeiros. Com a apuração do *payback* do investimento na unidade de reciclagem de insumo cromo pode-se verificar que no segundo ano o valor investido no ano 0 é recuperado, fazendo com que nos próximos anos se tenha lucros (tabela 17).

Tabela 17: Demonstrativo de *Payback* do investimento realizado na unidade de reciclagem de insumo cromo.

Anos	Investimentos Totais R\$/ano	Custos operacionais anuais R\$/ano	Benefícios Financeiros anuais R\$/ano	Saldos dos investimentos recuperados R\$/ano
Ano 0	- 323.964,00			- 323.964,00
Ano 1		-61.878,00	292.032,00	-93.810,00
Ano 2		-61.878,00	292.032,00	136.344,00
Ano 3		-61.878,00	292.032,00	366.498,00
Ano 4		-61.878,00	292.032,00	596.652,00
Ano 5		-61.878,00	292.032,00	826.806,00
Ano 6		-61.878,00	292.032,00	1.056.960,00
Ano 7		-61.878,00	292.032,00	1.287.960,00
Ano 8		-61.878,00	292.032,00	1.287.114,00
Ano 9		-61.878,00	292.032,00	1.517.268,00

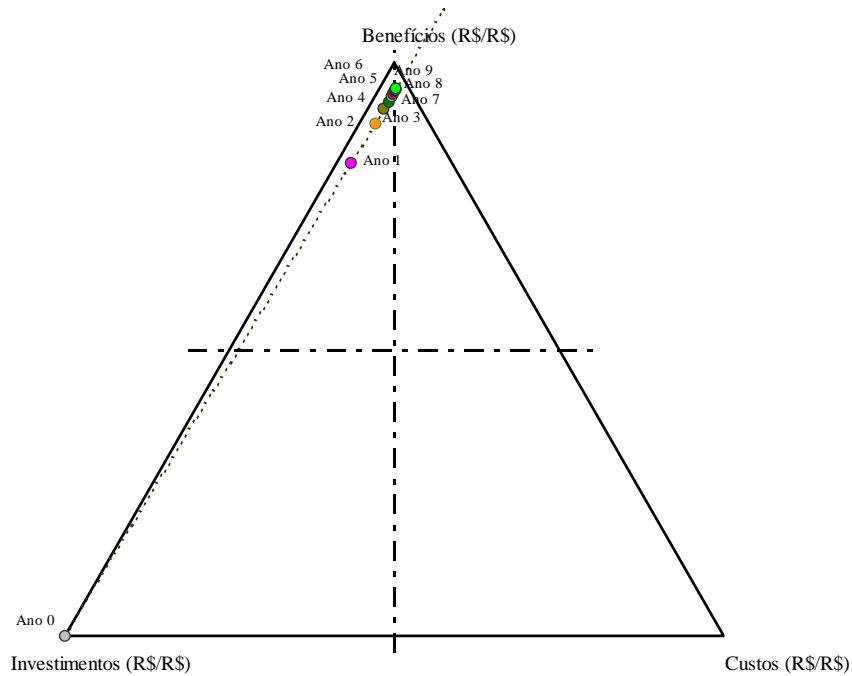


Figura 23 – Diagrama Triangular Financeiro com o *payback* do investimento na unidade de reciclagem de calceiro

Na figura 24, o diagrama triangular demonstra o *payback* (tempo de retorno) da unidade de reciclagem de insumo cromo. O ponto do ano 0 representa o investimento total para implantar a unidade de reciclagem de cromo e os outros pontos estão representados pelos anos seguintes ao do investimento. O ponto, representado pelo ano 2, ultrapassa a linha do jogo de empate quando a partir do segundo ano o investimento feito no ano 0 é recuperado.

A linha de sensibilidade possibilita a visualização do tempo com relação ao investimento, mostrando que as proporções entre os benefícios e custos permanecem constantes.

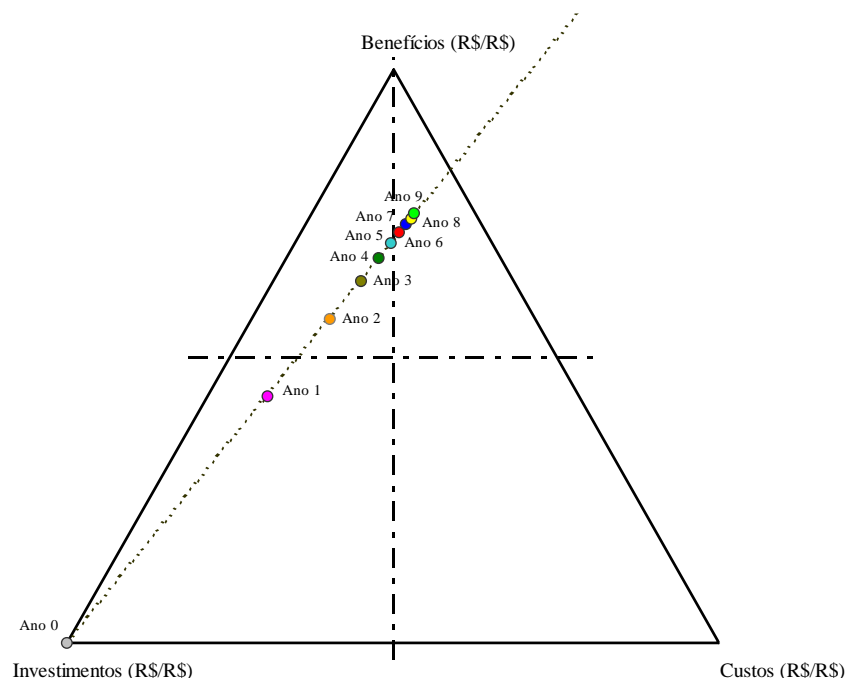


Figura 24 – Diagrama Triangular Financeiro com o *payback* do investimento na unidade de reciclagem de cromo.

5.2.2 Análise Emergética

Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos sem as Unidades de Reciclagem de Caleiro e Cromo

A tabela 18 mostra a contabilidade emergética realizada na estação de tratamento de efluentes líquidos sem a reciclagem. Para contabilização considerou-se a implantação do sistema e a operação da planta, obtendo a energia necessária para o tratamento de efluentes de líquidos de $9,88 \times 10^{17}$ sej/ano.

Para a implantação da estação de efluentes líquidos são necessárias as construções de tanques de concretos, motores e bombas, fios elétricos, tubulações, transporte dos resíduos e mão-de-obra. Com a contabilização de todos esses recursos obteve-se a energia necessária à implantação de $2,09 \times 10^{15}$ sej/ano.

Na fase de operação da planta considerou-se o oxigênio, eletricidade, trabalho humano, produtos químicos e chuva. O oxigênio e a chuva são fontes de recursos

renováveis, oferecidos gratuitamente pela natureza, que representam 3% (sej/sej) do total de energia necessária para o sistema.

Na estação de tratamento de efluentes líquidos o oxigênio é necessário para oxidação dos sulfetos presentes nos banhos do tanque de homogeneização e para oxidação aeróbica de matérias orgânicas biodegradáveis.

Os produtos químicos utilizados para o tratamento dos efluentes e a eletricidade são os recursos que possuem a maior energia dentro do sistema, representando respectivamente 12% (sej/sej) e 82% (sej/sej) do total da energia do sistema.

Tabela 18 - Análise Emergética da Estação de tratamento de efluentes líquidos (ETE) sem unidades de reciclagem nos processos de curtimento do couro

Item	Descrição	Unidade	Quantidade Unidade/ano *	Energia por unidade sej/unidade	Energia sej/ano
Implantação do Sistema					
1	Tanques de Concreto				
	Concreto	g	$5,33 \times 10^4$	$7,34 \times 10^8$	$3,91 \times 10^{13}$
2	Principais Equipamentos da Planta				
	Motores e Bombas	g	$1,90 \times 10^5$	$4,10 \times 10^9$	$7,81 \times 10^{14}$
3	Fio Elétrico				
	Cobre	g	$7,66 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^9$	$1,53 \times 10^6$
	Plástico	g	$2,83 \times 10^{-4}$	$1,50 \times 10^9$	$4,25 \times 10^5$
4	Tubos PVC				
	Plástico	g	$8,00 \times 10^{-3}$	$5,87 \times 10^9$	$4,70 \times 10^7$
5	Transporte residuos de construção				
	Diesel	J	$4,51 \times 10^8$	$6,60 \times 10^4$	$2,98 \times 10^{13}$
6	Trabalho humano	J	$1,67 \times 10^8$	$7,38 \times 10^6$	$1,24 \times 10^{15}$
Energia Total na Construção da Planta					$2,09 \times 10^{15}$
Fase de operação da Planta					
7	Oxigenio	g	$5,12 \times 10^8$	$5,16 \times 10^7$	$2,64 \times 10^{16}$
8	Eletricidade	J	$4,86 \times 10^{12}$	$1,65 \times 10^5$	$8,02 \times 10^{17}$
9	Trabalho Humano	J	$4,81 \times 10^9$	$7,38 \times 10^6$	$3,55 \times 10^{16}$
10	Produtos Quimicos				
	Sulfato de Manganés	g	$6,83 \times 10^6$	$2,65 \times 10^9$	$1,81 \times 10^{16}$
	Sulfato de Alumínio	g	$3,90 \times 10^7$	$2,65 \times 10^9$	$1,03 \times 10^{17}$
	Solução Pelietrolito	g	$1,95 \times 10^5$	$2,65 \times 10^9$	$5,17 \times 10^{14}$
11	Chuva	J	$6,08 \times 10^9$	$1,82 \times 10^4$	$1,11 \times 10^{14}$
Energia Total para operação					$9,86 \times 10^{17}$
Total Energia da E.T.E. Líquidos sem Reciclagem					$9,88 \times 10^{17}$

* Notas de cálculos para tabela 18 no anexo H.

Unidade de Reciclagem de Caleiro

Realizou-se também, a contabilidade emergética na unidade de reciclagem de caleiro, como mostra a tabela 19. A energia necessária para reciclagem de caleiro é de $7,18 \times 10^{16}$ sej/ano, incluindo a implantação da unidade de reciclagem e a operação do sistema.

A energia necessária a implantação da estação de reciclagem de caleiro é de $5,86 \times 10^{14}$ sej/ano, esse valor representa 0,82% (sej/sej) do total da energia para implantação e operação da planta.

Tabela 19 – Análise Emergética da Estação de Reciclagem do caleiro

Item	Descrição	Unidade	Quantidade Unidade/ano *	Energia por unidade sej/unidade	Energia sej/ano
Implantação do Sistema					
1	Tanques de Concreto				
	Concreto	g	$3,90 \times 10^4$	$7,34 \times 10^8$	$2,86 \times 10^{13}$
2	Principais Equipamentos da Planta				
	Motores e Bombas	g	$3,50 \times 10^4$	$4,10 \times 10^9$	$1,44 \times 10^{14}$
3	Fio Elétrico				
	Cobre	g	$2,55 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^9$	$5,10 \times 10^5$
	Plástico	g	$9,44 \times 10^{-5}$	$1,50 \times 10^9$	$1,42 \times 10^5$
4	Tubos PVC				
	Plástico	g	$2,50 \times 10^{-3}$	$5,87 \times 10^9$	$1,47 \times 10^7$
5	Transporte resíduos de construção				
	Diesel	J	$2,31 \times 10^7$	$6,60 \times 10^4$	$1,52 \times 10^{12}$
6	Trabalho humano	J	$5,58 \times 10^7$	$7,38 \times 10^6$	$4,12 \times 10^{14}$
Energia Total na Construção da Planta					$5,86 \times 10^{14}$
Fase de operação da Planta					
7	Eletricidade	J	$3,96 \times 10^{11}$	$1,65 \times 10^5$	$6,53 \times 10^{16}$
8	Trabalho Humano	J	$8,02 \times 10^8$	$7,38 \times 10^6$	$5,92 \times 10^{15}$
Energia Total para Operação					$7,13 \times 10^{16}$
Total Energia da Reciclagem de Caleiro					$7,18 \times 10^{16}$

* Notas de cálculos para a tabela 19 no anexo I.

Na operação da estação de reciclagem de caleiro só haverá utilização de energia e mão de obra, pois o processo não requer a utilização de insumos. Para a reutilização dos banhos residuais de caleiro é necessária a reposição dos insumos da composição do banho inicial, mas como este processo é feito na depilação e caleiro não é um custo da unidade de reciclagem.

A tabela 20 mostra os benefícios gerados com a instalação de uma estação de reciclagem de caleiro. A reciclagem de caleiro ocasiona uma economia de água,

sulfeto de sódio e hidróxido de cálcio que recuperados voltam para o processo de depilação e caleiro. A emergia dos benefícios gerados pela reciclagem de caleiro, $4,16 \times 10^{17}$ sej/ano, é maior que a emergia necessária à implantação e operação do sistema de reciclagem, $7,18 \times 10^{16}$ sej/ano.

Tabela 20 – Benefícios Gerados com a Reciclagem de Caleiro

Item	Descrição	Unidade	Quantidade Unidade/ano *	Emergia por unidade sej/unidade	Emergia sej/ano
	Recuperação de Insumos				
1	Água	g	$1,29 \times 10^{10}$	$2,25 \times 10^5$	$2,89 \times 10^{15}$
2	Sulfeto de Sódio	g	$9,75 \times 10^7$	$2,65 \times 10^9$	$2,58 \times 10^{17}$
3	Hidróxido de Cálcio	g	$5,85 \times 10^7$	$2,65 \times 10^9$	$1,55 \times 10^{17}$
Total dos Benefícios com a reciclagem de Caleiro					$4,16 \times 10^{17}$

* Notas de cálculos para a tabela 20 no anexo J.

Unidade de Reciclagem de Cromo

Na unidade de Reciclagem de Cromo, como mostra a tabela 21, a emergia necessária para implantação e operação é de $1,51 \times 10^{17}$ sej/ano. Os produtos químicos, hidróxido de cálcio e ácido sulfúrico, que são necessários à operação da planta representam 80% (sej/sej) do total da emergia necessária para o sistema. Estes insumos são necessários para que se consiga o sulfato de cromo que será usado no processo de curtimento da pele.

Com a reciclagem de cromo há uma economia de sulfato de cromo, gerando benefícios de $3,31 \times 10^{17}$ sej/ano, como mostra a tabela 22. Como foi dito anteriormente os produtos químicos utilizados na reciclagem de cromo representam 80% (sej/sej) da emergia total da implantação e operação, mas isso se mostra vantajoso visto que os benefícios gerados por essa reciclagem são maiores que a emergia necessária à implantação e operação do sistema.

Tabela 21 – Análise Emergética da Estação de Reciclagem do cromo

Item	Descrição	Unidade	Quantidade Unidade/ano *	Energia por unidade sej/unidade	Energia sej/ano
Implantação do Sistema					
1	Tanques de Concreto				
	Concreto	g	$1,25 \times 10^3$	$7,34 \times 10^8$	$9,18 \times 10^{11}$
2	Vidro				
	Fibra de Vidro	g	$1,50 \times 10^4$	$3,00 \times 10^9$	$4,50 \times 10^{13}$
3	Principais Equipamentos da Planta				
	Motores e Bombas	g	$8,62 \times 10^4$	$4,10 \times 10^9$	$3,53 \times 10^{14}$
4	Fio Elétrico				
	Cobre	g	$2,55 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^9$	$5,10 \times 10^5$
	Plástico	g	$9,44 \times 10^{-5}$	$1,50 \times 10^9$	$1,42 \times 10^5$
5	Tubos PVC				
	Plástico	g	$2,50 \times 10^{-3}$	$5,87 \times 10^9$	$1,47 \times 10^7$
6	Transporte resíduos de construção				
	Diesel	J	$5,34 \times 10^6$	$6,60 \times 10^4$	$3,40 \times 10^{11}$
7	Trabalho humano	J	$5,58 \times 10^7$	$7,38 \times 10^6$	$4,12 \times 10^{14}$
Energia Total na Construção da Planta					$8,12 \times 10^{14}$
Fase de operação da Planta					
8	Eletricidade	J	$1,44 \times 10^{11}$	$1,65 \times 10^5$	$2,38 \times 10^{16}$
9	Trabalho Humano	J	$8,02 \times 10^8$	$7,38 \times 10^6$	$5,92 \times 10^{15}$
10	Produtos Químicos				
	Hidróxido de Sódio	g	$2,60 \times 10^7$	$2,65 \times 10^9$	$6,89 \times 10^{16}$
	Ácido Sulfúrico	g	$1,95 \times 10^7$	$2,65 \times 10^9$	$5,17 \times 10^{16}$
Energia Total para Operação					$1,50 \times 10^{17}$
Total Energia da Reciclagem de Cromo					$1,51 \times 10^{17}$

* Notas de cálculos para a tabela 21 no anexo L.

Tabela 22 – Benefícios Gerados com a Reciclagem de Cromo

Item	Descrição	Unidade	Quantidade Unidade/ano *	Energia por unidade sej/unidade	Energia sej/ano
1	Economia de Insumos				
	Sulfato de Cromo	g	$1,25 \times 10^8$	$2,65 \times 10^9$	$3,31 \times 10^{17}$
Total dos Benefícios com a reciclagem de Cromo					$3,31 \times 10^{17}$

* Notas de cálculos para a tabela 22 no anexo M.

Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos com unidades de Reciclagem

Os sistemas de reciclagem de calceiro e cromo não podem ser analisados isoladamente, pois são tratamentos preventivos. No tratamento dos efluentes líquidos, que é o tratamento final, há uma redução dos efluentes quando se faz a reciclagem. A tabela 23 mostra a contabilidade emergética do sistema de

tratamento de efluentes líquidos considerando que a reciclagem faz parte dos processos do curtume.

Tabela 23 – Análise Emergética da Estação de tratamento de efluentes líquidos (ETE) com reciclagem

Item	Descrição	Unidade	Quantidade Unidade/ano *	Energia por unidade sej/unidade	Energia sej/ano
Implantação do Sistema					
1	Tanques de Concreto				
	Concreto	g	$5,33 \times 10^4$	$7,34 \times 10^8$	$3,91 \times 10^{13}$
2	Principais Equipamentos da Planta				
	Motores e Bombas	g	$1,90 \times 10^5$	$4,10 \times 10^9$	$7,81 \times 10^{14}$
3	Fio Elétrico				
	Cobre	g	$7,66 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^9$	$1,53 \times 10^6$
	Plástico	g	$2,83 \times 10^{-4}$	$1,50 \times 10^9$	$4,25 \times 10^5$
4	Tubos PVC				
	Plástico	g	$8,00 \times 10^{-3}$	$5,87 \times 10^9$	$4,70 \times 10^7$
5	Transporte residuos de construção				
	Diesel	J	$4,51 \times 10^8$	$6,60 \times 10^4$	$2,98 \times 10^{13}$
6	Trabalho humano	J	$1,67 \times 10^8$	$7,38 \times 10^6$	$1,24 \times 10^{15}$
Energia Total na Construção da Planta					$2,09 \times 10^{15}$
Fase de operação da Planta					
7	Oxigenio	g	$3,12 \times 10^8$	$5,16 \times 10^7$	$1,61 \times 10^{16}$
8	Eletricidade	J	$4,86 \times 10^{12}$	$1,65 \times 10^5$	$8,02 \times 10^{17}$
9	Trabalho Humano	J	$4,81 \times 10^9$	$7,38 \times 10^6$	$3,55 \times 10^{16}$
10	Produtos Quimicos				
	Sulfato de Manganés	g	$6,14 \times 10^6$	$2,65 \times 10^9$	$1,63 \times 10^{16}$
	Sulfato de Alumínio	g	$3,51 \times 10^7$	$2,65 \times 10^9$	$9,30 \times 10^{16}$
	Solução Pelietrolito	g	$1,76 \times 10^5$	$2,65 \times 10^9$	$4,65 \times 10^{14}$
11	Chuva	J	$6,08 \times 10^9$	$1,82 \times 10^4$	$1,11 \times 10^{14}$
Energia Total para Operação					$9,63 \times 10^{17}$
Total Energia da E.T.E. Líquidos com reciclagem					$9,65 \times 10^{17}$

* Notas de cálculos para a tabela 23 no anexo N.

Para saber a energia total do sistema com reciclagem, soma-se as energias do sistema de reciclagem de calceiro $7,18 \times 10^{16}$ sej/ano, a energia do sistema de reciclagem de cromo $1,51 \times 10^{17}$ sej/ano e a energia da estação de tratamento de efluentes líquidos $9,65 \times 10^{17}$ sej/ano. Conclui-se que a energia total das unidades de reciclagem e do tratamento de efluentes líquidos é de $1,19 \times 10^{18}$ sej/ano.

Para as duas hipóteses de Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos, com reciclagem e sem reciclagem, as energias necessárias à implantação são as mesmas, pois as instalações consideradas comportam as duas situações.

A tabela 24 mostra os benefícios gerados na estação de tratamento de efluentes líquidos devido à reciclagem em processos anteriores. Quando há unidades de reciclagem nos processos do curtume economiza-se produtos químicos e não há uma sobrecarga de oxigênio, obtendo um benefício de $2,25 \times 10^{16}$ sej/ano.

Os benefícios gerados na ETE, analisados isoladamente, parecem ser pequenos, mas como foi visto anteriormente as estações de reciclagem geram benefícios nos processos do curtume.

Tabela 24 – Benefícios Gerados na ETE devido a reciclagem de calcário e cromo

Item	Descrição	Unidade	Quantidade Unidade/ano *	Energia por unidade sej/unidade	Energia sej/ano
1	Economia de Insumos				
	Sulfato de Manganês ($MnSO_4 \cdot H_2O$)	g	$6,83 \times 10^5$	$2,65 \times 10^9$	$1,81 \times 10^{15}$
	Sulfato de Alumínio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)	g	$3,90 \times 10^6$	$2,65 \times 10^9$	$1,03 \times 10^{16}$
	Polieletrólito	g	$1,95 \times 10^4$	$2,65 \times 10^9$	$5,17 \times 10^{13}$
2	Sobrecarga Ambiental Evitada (c)				
	Oxigênio	g	$2,00 \times 10^8$	$5,16 \times 10^7$	$1,03 \times 10^{16}$
Total dos Benefícios na ETE devido a reciclagem de Calcário e Cromo					$2,25 \times 10^{16}$

* Notas de cálculos para a tabela 24 no anexo O.

Diagrama Triangular Emergético

A figura 25 mostra a posição das unidades de reciclagem no diagrama triangular. O ponto 1, unidade de reciclagem de calcário, mostra os benefícios gerados pela implantação do sistema. A energia da energia elétrica representa 99% (sej/sej) de toda a energia do sistema, mas como pode ser visto no diagrama triangular os benefícios ultrapassam a linha do jogo de empate em 37% (sej/sej).

Na estação de reciclagem de cromo os produtos químicos possuem a maior energia dentro do sistema, visto que o ponto 2 no diagrama triangular afasta-se da linha de energia elétrica. Apesar da grande utilização de insumos químicos, os benefícios são altos estando acima da linha “do jogo de empate”

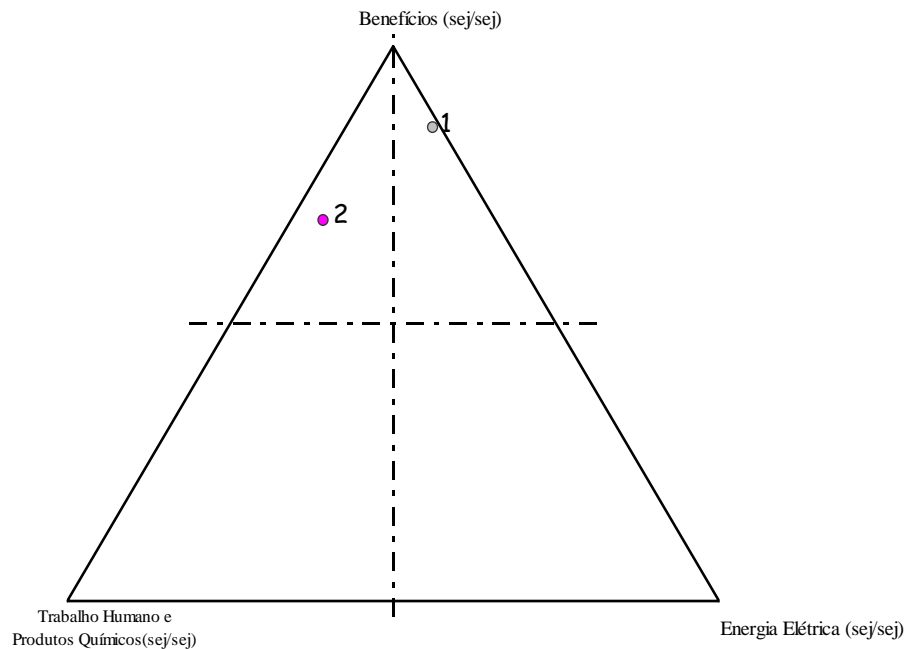


Figura 25 – Diagrama Triangular Emergético, das unidades de reciclagem: Ponto 1 Unidade de Reciclagem de Caleiro; Ponto 2 Unidade de Reciclagem de Cromo

Na figura 26 pode-se visualizar o diagrama triangular com a estação de tratamento de efluentes sem unidades de reciclagem e com unidades. O ponto 1, estação de tratamento sem unidades de reciclagem, mostra a utilização de uma maior energia do sistema em energia elétrica. O ponto 2 mostra os benefícios gerados pela unidades de reciclagem no processo de curtimento como também na estação de tratamento de efluentes líquidos. Os benefícios não atingem a linha de jogo de empate, mas geram benefícios ambientais.

Na análise financeira utilizou-se do payback para verificar o tempo de retorno do capital investido nas unidades de reciclagem. A mesma metodologia utilizou-se na análise emergética, considerando a energia para implantar as unidades, a energia para operar a planta e os benefícios gerados.

A tabela 25 mostra que a energia para implantar e operar a unidade de reciclagem de caleiro é menor que a energia dos benefícios gerados pela unidade. No primeiro ano a energia dos benefícios já supera a energia da implantação e operação.

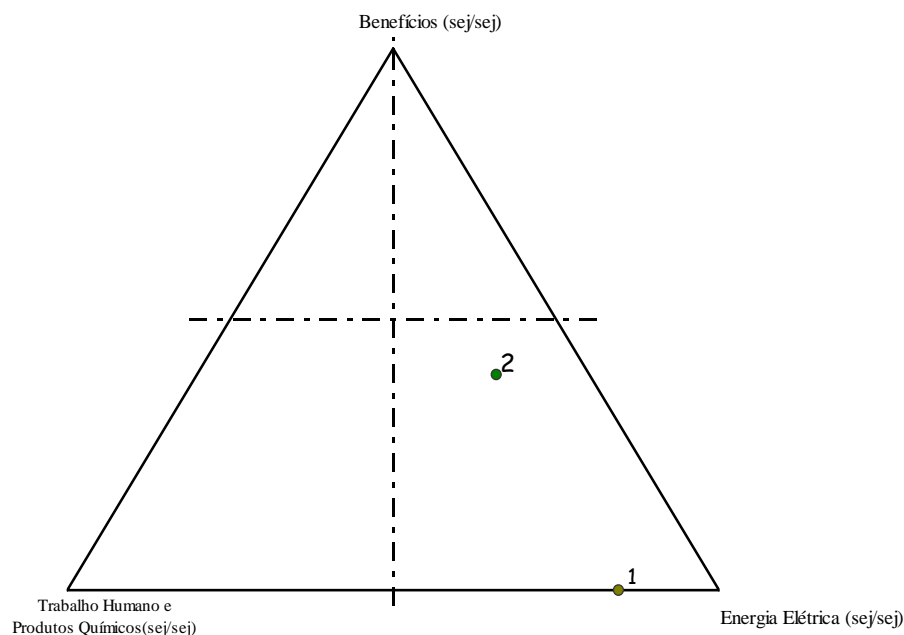


Figura 26 – Diagrama Triangular Emergético das estações de tratamento de efluentes: Ponto 1 Estação de Tratamento sem unidades de reciclagem nos processos, Ponto 2 Estação de tratamento com unidades de reciclagem nos processos.

Tabela 25: Demonstrativo de payback em energia da unidade de reciclagem de caleiro

Anos	Investimentos Totais sej/ano	Custos operacionais anuais sej/ano	Benefícios Financeiros anuais sej/ano	SalDOS dos investimentos recuperados sej/ano
Ano 0	$- 5,86 \times 10^{14}$			$- 5,86 \times 10^{14}$
Ano 1		$- 7,13 \times 10^{16}$	$4,16 \times 10^{17}$	$3,44 \times 10^{17}$
Ano 2		$- 7,13 \times 10^{16}$	$4,16 \times 10^{17}$	$6,89 \times 10^{17}$
Ano 3		$- 7,13 \times 10^{16}$	$4,16 \times 10^{17}$	$1,03 \times 10^{18}$
Ano 4		$- 7,13 \times 10^{16}$	$4,16 \times 10^{17}$	$1,38 \times 10^{18}$
Ano 5		$- 7,13 \times 10^{16}$	$4,16 \times 10^{17}$	$1,72 \times 10^{18}$
Ano 6		$- 7,13 \times 10^{16}$	$4,16 \times 10^{17}$	$2,07 \times 10^{18}$
Ano 7		$- 7,13 \times 10^{16}$	$4,16 \times 10^{17}$	$2,41 \times 10^{18}$
Ano 8		$- 7,13 \times 10^{16}$	$4,16 \times 10^{17}$	$2,76 \times 10^{18}$
Ano 9		$- 7,13 \times 10^{16}$	$4,16 \times 10^{17}$	$3,10 \times 10^{18}$

Na figura 27, o diagrama triangular demonstra o *payback* (tempo de retorno). O ponto do ano 0 representa a energia necessária para implantar a unidade de reciclagem de caleiro e os outros pontos estão representados pelos anos seguintes ao da implantação. Os pontos, representados pelo ano 1 ao ano 9, ultrapassam a linha do jogo de empate ficando sobrepostos no triângulo. Devido a

baixa energia para implantar a unidade de reciclagem os pontos ficam na vértice entre a energia dos benéficos e a energia para operar a planta.

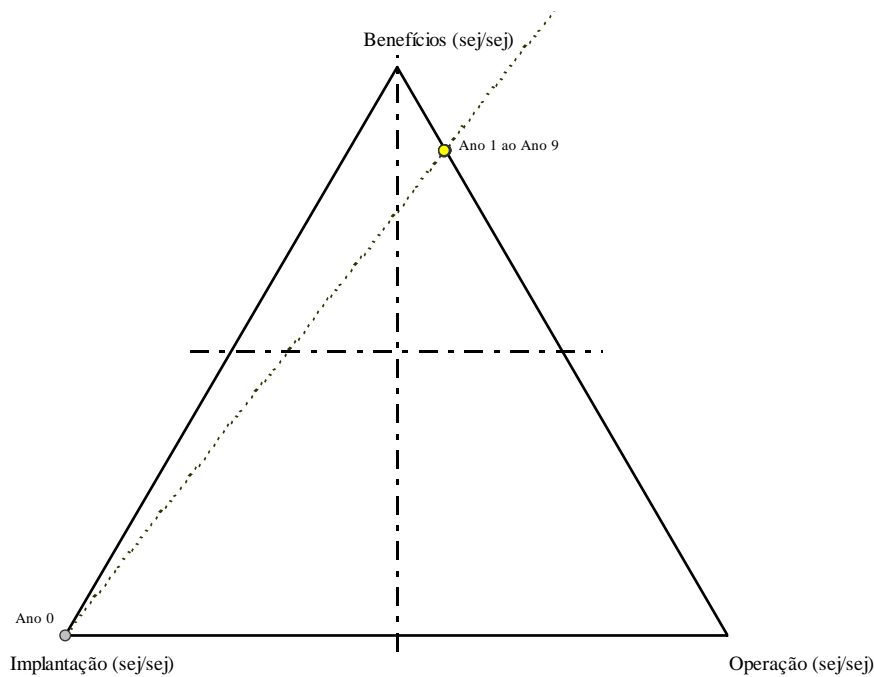


Figura 27 – Diagrama Triangular Emergético com o *payback* do investimento na unidade de reciclagem de cromo

A tabela 26 mostra a energia para implantar e operar a unidade de reciclagem de cromo. A energia da implantação da unidade de reciclagem de cromo é de $8,12 \times 10^{14}$ sej/ano enquanto que para operar a energia é de $1,50 \times 10^{17}$. Com a implantação e operação da unidade pode-se calcular a energia dos benefícios gerados de $3,31 \times 10^{17}$.

Tabela 26: Demonstrativo de payback em energia da unidade de reciclagem de cromo.

Anos	Investimentos Totais sej/ano	Custos operacionais anuais sej/ano	Benefícios Financeiros anuais sej/ano	Saldos dos investimentos recuperados sej/ano
Ano 0	$-8,12 \times 10^{14}$			$-8,12 \times 10^{14}$
Ano 1		$-1,50 \times 10^{17}$	$3,31 \times 10^{17}$	$1,80 \times 10^{17}$
Ano 2		$-1,50 \times 10^{17}$	$3,31 \times 10^{17}$	$3,61 \times 10^{17}$
Ano 3		$-1,50 \times 10^{17}$	$3,31 \times 10^{17}$	$5,42 \times 10^{17}$
Ano 4		$-1,50 \times 10^{17}$	$3,31 \times 10^{17}$	$7,23 \times 10^{17}$
Ano 5		$-1,50 \times 10^{17}$	$3,31 \times 10^{17}$	$9,04 \times 10^{17}$
Ano 6		$-1,50 \times 10^{17}$	$3,31 \times 10^{17}$	$1,09 \times 10^{18}$
Ano 7		$-1,50 \times 10^{17}$	$3,31 \times 10^{17}$	$1,27 \times 10^{18}$
Ano 8		$-1,50 \times 10^{17}$	$3,31 \times 10^{17}$	$1,45 \times 10^{18}$
Ano 9		$-1,50 \times 10^{17}$	$3,31 \times 10^{17}$	$1,63 \times 10^{18}$

Na figura 28, o diagrama triangular demonstra o *payback* (tempo de retorno). O ponto do ano 0 representa a energia necessária para implantar a unidade de reciclagem de cromo e os outros pontos estão representados pelos anos seguintes ao da implantação.

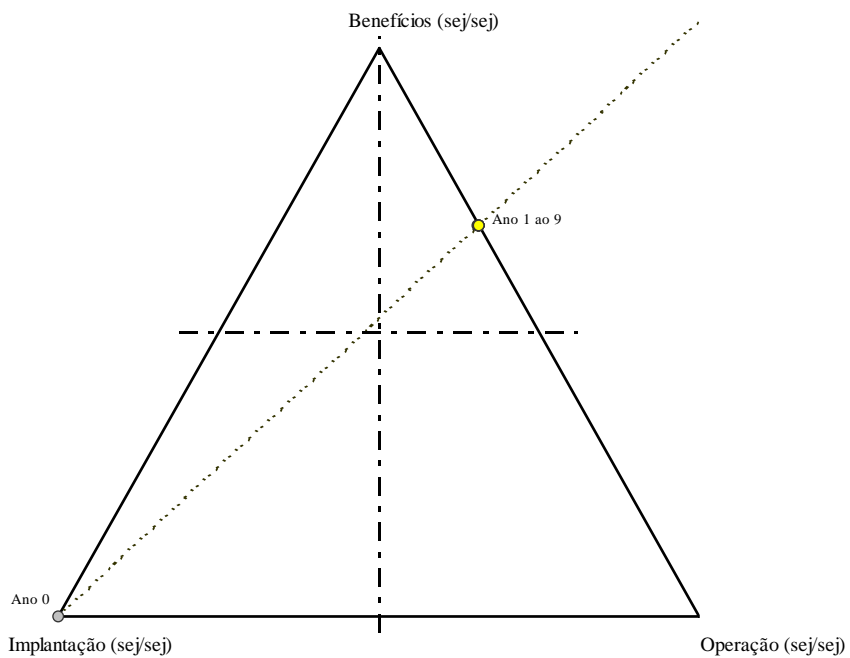
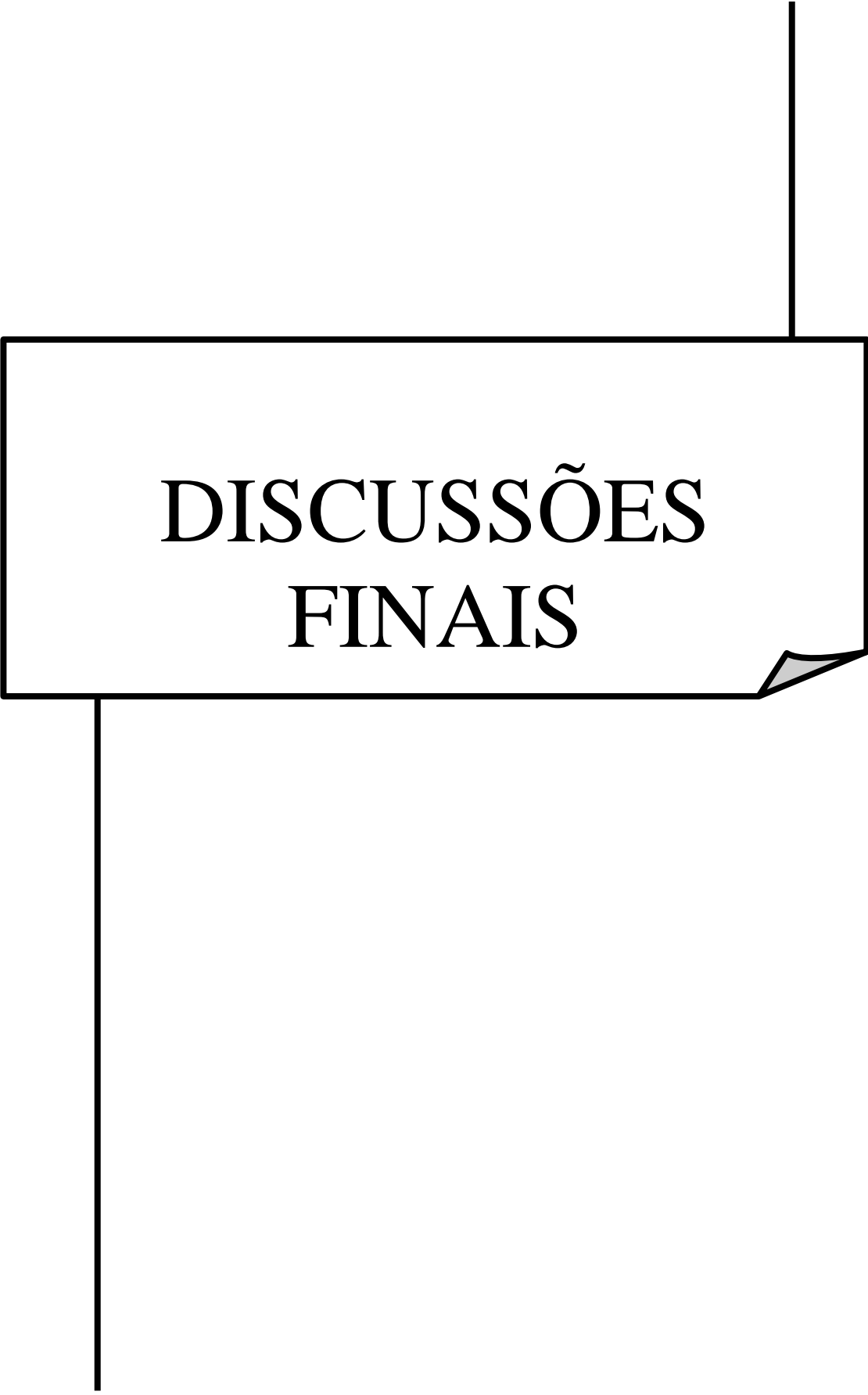


Figura 28 – Diagrama Triangular Emergético com o *payback* do investimento na unidade de reciclagem de cromo.



DISCUSSÕES
FINAIS

Os resultados obtidos permitem algumas discussões finais com base no uso da análise financeira, emergética e das ferramentas na tomada de decisões.

As principais discussões são:

Em relação à análise financeira

- a) A reciclagem de calcário diminui o volume de efluentes que chega na estação de tratamento de efluentes, pois parte dos efluentes são reaproveitados no processo de depilação e calcário. O reaproveitamento dos efluentes gera economia na quantidade de produtos químicos e água, no valor de R\$ 1.073.350,98 por ano. Este valor é maior que o valor necessário para operar a unidade de reciclagem (R\$ 28.308,00 por ano) e para implantar a unidade, R\$ 197.493,00.
- b) A recuperação do sulfato de cromo resulta em economia, R\$ 292.032,00 por ano, apesar da recuperação ter um alto custo operacional (R\$ 61.878,00 por ano) e um alto investimento para implantação (R\$ 323.964,00).
- c) O tempo de retorno do investimento, *payback*, na unidade de reciclagem de calcário é de um ano e na unidade de reciclagem de cromo são de dois anos. O diagrama triangular demonstra que no ponto do ano 1 (unidade de reciclagem de calcário) e no ponto do ano 2 (unidade de reciclagem de cromo) ultrapassam a linha do “jogo de empate”.
- d) Diante das economias geradas com as unidades de reciclagem, os investimentos com a implantação não são considerados elevados, pois são recuperados em curto tempo (unidade de reciclagem de calcário 1 ano e a unidade de reciclagem de cromo 2 anos).

Em relação à análise emergética

- a) O tratamento preventivo (reciclagem de calcário e cromo) é um processo muito eficaz na redução da poluição e de baixa energia. O valor da energia solar dos produtos químicos recuperados ($7,47 \times 10^{17}$ sej/ano) é maior que a energia solar dos recursos necessários a implantação e operação da planta ($2,23 \times 10^{17}$ sej/ano).

- b) Para se obter o sulfato de cromo, insumo utilizado no processo de curtimento, é necessário a utilização de produtos químicos como hidróxido de sódio e ácido sulfúrico. A energia do sulfato de cromo ($3,31 \times 10^{17}$ sej/ano) é maior que a energia dos insumos utilizados no processo ($1,46 \times 10^{17}$ sej/ano).
- c) A análise energética mostra os benefícios gerados, pelas estações de reciclagem, ao meio ambiente como a redução da utilização da água em $6,60 \times 10^{15}$ sej/ano, recurso não renovável, e do oxigênio em $1,03 \times 10^{16}$ sej/ano. Para tratamento de efluentes sem as unidades de reciclagem há uma carga ambiental maior, pois o sistema utiliza mais água e precisa de mais oxigênio para oxidação dos sulfetos.

Em relação ao uso das ferramentas como auxílio na tomada de decisões

- a) O diagrama triangular pode ser usado como uma ferramenta na gestão ambiental possibilitando a visualização dos resultados da análise financeira e energética, a comparação entre os sistemas e facilitando o entendimento do posicionamento ao longo do tempo. A linha de sensibilidade, propriedade do diagrama, representa a evolução do processo ao longo do tempo.

A linha do jogo de empate do diagrama triangular pode ser usada para avaliar os investimentos comparando os benefícios com os investimentos.

- b) O diagrama triangular financeiro das estações de tratamento de efluentes líquidos com e sem unidades de reciclagem (figura 22) demonstra que a estação de tratamento com unidades de reciclagens ultrapassa a linha do “jogo de empate” indicando que os benefícios gerados pelas unidades de reciclagem são maiores que os custos.

No diagrama triangular energético (figura 26), o ponto que representa a estação de tratamento de efluentes com unidades de reciclagem está abaixo da linha do “jogo de empate”, indicando que em energia os benefícios não igualaram com os custos.

A diferença entre os dois diagramas mostra que a análise financeira traz resultados que ambientalmente podem ser equivocados, pois não contabilizam recursos como o oxigênio e água da chuva, que são recursos ofertados pelo meio ambiente. A falta de contabilização desses recursos pode levar a decisões equivocadas.

O diagrama emergético não demonstra que as unidades de reciclagem não trazem benefícios, mas que esses benefícios são menores ambientalmente quando analisados em emergia.



CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstra que análise financeira é uma forte ferramenta de análise da viabilidade financeira, mas como ferramenta de tomada de decisões ambientais pode trazer a resultados que não mostram a realidade. A análise financeira não considera a contribuição da natureza na formação dos insumos utilizados levando a resultados diferentes da análise emergética.

Já a análise emergética possibilita um real entendimento da contribuição dos recursos do ambiente e da economia para a sustentabilidade do sistema, demonstrando ser uma ferramenta de auxílio na tomada de decisões ambientais.

Chegou-se a conclusão que a melhor ferramenta de auxílio na tomada de decisões ambientais é a análise emergética, mas como todo investimento em melhoria ambiental precisa ser visto da mesma forma que qualquer outro investimento da empresa, a análise financeira deve ser utilizada para complementar a análise verificando a viabilidade financeira do empreendimento.

A defesa de investimentos ambientais requer uma eficiente análise que mostre benefícios ambientais e financeiros.



SUGESTÕES PARA
TRABALHOS
FUTUROS

Estão apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros

- a) Estudos de análise financeira e emergética dos resíduos sólidos e gasosos
Além dos resíduos líquidos, os curtumes geram resíduos sólidos e gasosos. Sugere-se estudos que visem a análise financeira e emergética de processos que reduzam estes resíduos.
- b) Água devolvida aos rios
Análise emergética que inclua água que é devolvida aos rios e a energia necessária para que o meio ambiente possa tratá-la.
- c) Indicadores econômicos e emergéticos
Análise da viabilidade econômica das unidades de reciclagem por meio dos indicadores econômicos e utilização dos indicadores emergéticos.
- d) A análise emergética em todos os processos de um curtume
Calcular a energia de todos os processos de um curtume, desde a conservação da pele até o acabamento do couro, considerando as unidades de reciclagem e a estação de tratamento de efluentes líquidos.



REFERÊNCIAS
BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFIA

Referências

- [1] Odum HT. Environmental accounting – emergy and environmental decision making. New York: Ed. John Wiley & Sons Ltda., 1996
- [2] Martins E. Contabilidade de Custos. 9º ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- [3] Moura LAA. Economia Ambiental: Gestão de Custos e Investimentos. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2003.
- [4] Martin JF. Emergy valuation of diversions of river water to marshes in the Mississippi River Delta. *Ecological Engineering* 2002;18:265-286.
- [5] Giannetti BF, Barrella FA, Almeida CMVB. A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting. *The Journal of Cleaner Production*.2005. Na imprensa, prova corrigida, avaliado on line em 21/12/2004.
- [6] Klassen RD Exploring the linkage between investment in manufacturing and environmental technologies. *International Journal of Operations & Production Management*, 2000;2;127-147.
- [7] Shrivstava P. Environmental Technologies and competitive advantages. *Strategic Management Journal*. 1995;3;186-200.
- [8] Heizer J, Render B. Production and operation management strategic and tactical decisions. Prentice Hall, Englewood Cliffs,NJ. 1996.
- [9] Alberti M, Caini L, Calabrese A, Rossi D. Envaluation of the costs and benefits of an environmental management system. *International Journal of Production Research*. 2000; 5; 4455-4466.
- [10] Silva BA. Contabilidade e Meio Ambiente: Considerações teóricas e práticas sobre o controle dos gastos ambientais. Annablume Editora. São Paulo. 2000.
- [11] Brown MT, Ulgiati S. Emergy Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems. *J Cleaner Prod*. 2002;10;321-334
- [12] Ulgiati S, Brown MT. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The case of electricity production. *Journal of Cleaner Production* 2002;10:335-348.
- [13] Odum HT, Peterson N. Simulation and evaluation with energy systems blocks. *Ecological Modelling*. 1996;93;155-173.
- [14] Bjorklund J, Geber U, Rydberg T. Emergy analysis of municipal wastewater treatment and generation of electricity by digestion of sewage sludge. *Resources, Conservation and Recycling* 2001; 31:293-316.
- [15] Brown MT, Mcclanahan TR. Emergy analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals. *Ecological Modelling*. 1996;91;105-130.
- [16] Geber U, Bjorklund J. The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems – a case study. *Ecological Engineering* 2001;18:39-59.
- [17] Lopes E. Application of Life Cycle Assessment to the portuguese pup and paper industry. *Journal Cleaner Production*. 2003;11;51-59.
- [18] Shu-li H. Urban exosystems energetic hierarchies, and ecological economics of Taipei metropolis. *Journal of Environmental Management*. 1998;52;39-51.
- [19] Shu-li H, Wan-lin H. Materials flow analysis and emergy evaluation of Taipei's urban construction. *Landscape and urban Planning*. 2003;63;61-74.

- [20] Rohr EJ. Investimentos e custos do tratamentos de efluentes poluidores de curtumes do vale do Rio dos Sinos-RS. Tese de doutorado. 1982;164.
- [21] Bastianoni S, Fugaro L, Principi I, Rosini M. The artificial water cycle: emergy analysis of waste water treatment. *Annali di Chimica* 2003; 93:347-352.
- [22] Barrela FA, Almeida CMVB, Giannetti BF. Ferramenta para tomada de decisão considerando a interação dos sistemas de produção e o meio ambiente. *Revista Produção*. 2005;15;1;087-101.
- [23] Class IC, Maia RAM. Manual básico de resíduos industriais de curtume. Porto Alegre: SENAI/RS, 1994.
- [24] Thomson IOB. Trabalho e previdência. São Paulo 2005.
- [25] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Climatologia Mensal – Porto Alegre/RS. <http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/menu.brasil2.shtml> acesso dia 06/09/2004.
- [26] Banco Central. Dólar – cotação valor médio mensal. <http://www.acinh.com.br/cotação.html> acesso dia 06/09/2004
- [27] <http://www.anel.gov.br/98.htm> acesso dia 12/11/2004
- [28] Companhia Riograndense de Saneamento <http://www.corsan.com.br/informações/tabela%20especial.htm> acesso dia 20/09/2005.
- [29] *Química e Derivados* 2004;424:04-06.
- [30] *Química e Derivados* 2004;426:04-06.
- [31] Biodermol do Brasil Ltda, orçamento recebido em 06/08/2004 às 8h47, email: biodermol@uol.com.br.
- [32] Buenfil AA. Emergy evaluation of water. Doctoral Dissertation, University of Florida 2001.
- [33] Lapp CW. Emergy Analysis of the nuclear power system in the United States. Class report, EES 6916, Department of Environmental Engineering Science, University of Florida, Gainesville, FL, 1991. apud Ulgiati S, Brown MT. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions–The case of electricity production. *Journal of Cleaner Production* 2002;10:335-348.
- [34] Brown MT, Odum HT, McGrane G, Woithe RD, Lopez S, Bastianoni S. Emergy evaluation of energy policies for Florida. Report to the Florida Energy Office Center for Environmental Policy, Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, FL, 1995. apud Geber U, Bjorklund J. The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems—a case study. *Ecological Engineering* 2001;18:39-59.
- [35] Ulgiati S, Tabacco AM. Emergy evaluation of atmospheric oxygen and nitrogen. Paper submitted to Second Emergy Research Conference, Gainesville, FL, 20-22 September 2001. apud Ulgiati S, Brown MT. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The case of electricity production. *Journal of Cleaner Production* 2002;10:335-348.
- [36] Ulgiati S, Odum HT, Bastianoni S. Emergy use, environmental loading and sustainability: Na emergy analysis of Italy 1994;73:215-268.



ANEXOS

Anexo A – Notas de cálculos da Tabela 9

1. Eletricidade

Para levantamento do consumo de energia verificou-se o consumo de energia em cada equipamento.

Peneiramento dos banhos residuais (potência de 1 HP trabalhando 8h = 5.968 W/dia).

02 Aeradores dos banhos dos tanques de homogeneização (potência de 10 HP trabalhando 8h = 119.360 W/dia)

Bomba de equalização da vazão dos banhos residuais (potência de 10 HP trabalhando 19h = 141.740 W/dia)

Agitador para o tanque de coagulação (potência de 0,75 HP trabalhando 8h = 4.476 W/dia)

Agitador para o tanque de sulfato de manganês (potência de 0,5 HP trabalhando 8h=2.984 W/dia)

Agitador para o tanque de sulfato de alumínio (potencia de 0,333 HP trabalhando 8h=1.989 W/dia).

Agitador para o tanque de polieletrólito alumínio (potência de 0,333 HP trabalhando 8h=1.989 W/dia).

Agitador para o tanque floculação (potência de 1,5 HP trabalhando 8h = 8.952 W/dia).

Bomba Dosadora de soluções (potência de 0,5 HP trabalhando 19h = 7.087 W/dia).

Sedimentador Primário (potência de 0,333 HP trabalhando 8h = 1.989 W/dia).

Agitador para o tanque de condicionamento de lodo (potência de 2 HP trabalhando 8h=11.936 W/dia).

02 Misturadores (potência de 8HP trabalhando 8h = 95.488 W/dia).

Sedimentador Secundário (potência de 1 HP trabalhando 19h = 14.174 W/dia).

Bomba de reciclagem do lodo (potência de 10 HP trabalhando 8h = 59.680 W/dia).

Total de 477.812 W/dia

O mesmo levantamento foi elaborado para estação de reciclagem de caleiro e cromo. Com base neste levantamento encontrou-se a proporção de cada estação. Considera-se que do total de energia gasta nos equipamentos seja 69% para ETE.

Sabe-se que há um consumo de energia de 125.000 kWh/mês e que 2/3 da energia gasta são dos aeradores.

Com isso conclui-se que: 125.000 kWh / 30 dias = 4.167 kWh/dia; 2/3 dessa energia são aeradores = 2.778 kWh/dia; os outros 1/3 são rateados entre as estações. A ETE consome 69%, ou seja, 964 kWh/dia. Esse consumo de 964 kWh/dia mais o consumo dos aeradores de 2.778 kWh/dia é o total da energia elétrica gasta na ETE, ou seja, 3.750 kWh/dia. Considera-se no ano 1.350.000 kWh/ano (3.750 kWh x 30 dias x 12 meses). Considerou-se um valor médio por unidade de R\$ 0,15 (U\$ 0.05), total ano de R\$ 202.500,00 (U\$ 67,500.00)

Total de eletricidade = R\$ 202.500,00 por ano (U\$ 67,500.00 ano)

2. Salários e 13º salário

Considera-se que para operar a unidade de reciclagem de calceiro são necessários seis funcionários trabalhando 8 horas por dia recebendo R\$ 600,00 por mês (U\$ 200,00).

Considerou-se que durante um ano o funcionário receberá a quantia de 12 meses de salário mais o 13º salário.

Total de salários e 13º salário = R\$ 46.800,00 por ano (U\$ 15,600.00 ano).

3. Férias + 1/3 de férias

Considera-se que com um ano de trabalho será necessário o pagamento das férias + 1/3 das férias do funcionário (R\$ 600,00 de férias mais R\$ 200,00).

Total de férias + 1/3 férias = R\$ 4.800,00 por ano (U\$ 1,600.00 ano)

4. Encargos Trabalhistas

Sobre o valor total dos salários, 13º salário e férias paga-se INSS (28,8%) e FGTS (8,5%).

Considera-se que com um ano de trabalho será necessário o pagamento de R\$ 14.860,80 de INSS e R\$ 4.386,00 de FGTS.

Total dos encargos trabalhistas = R\$ 19.246,80 por ano (U\$ 6,415.60 ano)

5. Produtos químicos

Sulfato de Manganês

Segundo Class e Maia [23] é utilizado de sulfato de manganês 70 mg/L de efluentes, estoque para 2 dias. Considera-se que há uma quantidade de 675.000 L de efluentes. Serão necessários 47,25 kg/dia de Sulfato de Manganês estoque para 2 dias (675.000 L x 0,07 g). Para um dia serão utilizados 23,63 kg/dia. Durante 260 dias utilizam-se 6.142 kg/ano. O valor do kg de sulfato de manganês é de R\$ 2,28 [31].

Total do sulfato de manganês = R\$ 14.003,76 por ano (U\$ 4,667.92 ano)

Sulfato de alumínio

Segundo Class e Maia [23] é utilizado de sulfato de alumínio 200 mg/L de efluentes, estoque para 1 dia. Considera-se que há uma quantidade de 675.000 L de efluentes. Serão necessários 135 kg/dia de Sulfato de Alumínio (675.000 L x 0,2g). Durante 260 dias utilizam-se 35.100 kg/ano. O valor do kg de sulfato de alumínio é de R\$ 0,81 [31].

Total do sulfato de alumínio = R\$ 28.431,00 por ano (U\$ 9,477.00 ano)

Polieletrólito

Segundo Class e Maia [23] é utilizado de polieletrólito 1 mg/L de efluentes, estoque para 1 dias. Considera-se que há uma quantidade de 675.000 L de efluentes. Serão necessários 0,675 kg/dia de polieletrólito (675.000 L x 0,001g). Durante 260 dias utilizam-se 176 kg/ano. O valor do kg da solução de polieletrólito é de R\$ 7,41 [31].

Total da solução de polieletrólito = R\$ 1.304,16 por ano (U\$ 434.72 ano)

Anexo B – Notas de cálculos da Tabela 10

1. Eletricidade

Para levantamento do consumo de energia verificou-se o consumo de energia em cada equipamento.

Agitadores para tanque de coleta e distribuição dos banhos residuais (01 com uma potência de 4 HP trabalhando 8h/dia = 23.872 W/dia e outro com uma potência de 3 HP trabalhando 8h = 17.904 W/dia)

Bomba de descarte do lodo do caleiro (potência de 12,5 HP trabalhando 10h = 93.250 W/dia)

Bomba de recalque para retorno do banho de caleiro recuperado (potência de 3 HP trabalhando 8h = 17.904 w/dia)

Total de 152.930 W/dia

O mesmo levantamento foi elaborado para estação de reciclagem de cromo e para a ETE. Com base neste levantamento encontrou-se a proporção de cada estação. Para reciclagem de caleiro considera-se que do total de energia gasta nos equipamentos seja de 22%.

Sabe-se que a um consumo de energia de 125.000 kWh/mês e que 2/3 da energia gasta são dos aeradores. Com isso conclui-se que: $125.000 / 30 = 4167$ kWh/dia; 2/3 dessa energia são aeradores = 2.778 kWh/dia; os outros 1/3 são rateados entre as estações. A estação de reciclagem consome 22%, ou seja, 306 kWh/dia. Considera-se no ano 110.000 kWh/ano (306 kWh/dia x 30 dias x 12 meses). Considerou-se um valor médio por kWh de R\$ 0,15 (U\$ 0.05) total ano de R\$ 16.500,00 (U\$ 5,500.00).

Total de eletricidade = R\$ 16.500,00 por ano (U\$ 5,500.00 ano).

2. Salários e 13º salário

Considera-se que para operar a unidade de reciclagem de caleiro é necessário um funcionário trabalhando 8 horas por dia recebendo R\$ 600,00 por mês (U\$ 200.00).

Considerou-se que durante um ano o funcionário receberá a quantia de 12 meses de salário mais o 13º salário.

Total de salários e 13º salário = R\$ 7.800,00 por ano (U\$ 2,600.00 ano).

3. Férias + 1/3 de férias

Considera-se que com um ano de trabalho será necessário o pagamento das férias + 1/3 das férias do funcionário R\$ 600,00 de férias mais R\$ 200,00.

Total de férias + 1/3 férias = R\$ 800,00 por ano (U\$ 266.70 ano).

4. Encargos Trabalhistas

Sobre o valor total dos salários, 13º salário e férias paga-se INSS (28,8%) e FGTS (8,5%).

Considera-se que com um ano de trabalho será necessário o pagamento de R\$ 2.477,00 de INSS e R\$ 731,00 de FGTS.

Total dos encargos trabalhistas = R\$ 3.208,00 por ano (U\$ 1,069.28 ano).

Anexo C – Notas de cálculos da Tabela 11

1. Sulfeto de Sódio

Dos 750 kg/dia de sulfeto de sódio necessários ao processo de depilação e caleiro, 50% são passíveis de recuperação, ou seja, 375 kg/dia. A estação de reciclagem de caleiro recupera 375 kg/dia de sulfeto de sódio. Considerando 260 dias, há uma economia de 97.500 kg/ano de sulfeto de sódio. O valor do kg de sulfeto de sódio é R\$ 1,89 [31].

Total de sulfeto de sódio economizado = R\$ 184.275,00 por ano (U\$ 61,425.00 ano)

2. Hidróxido de Cálcio

Dos 750 kg/dia de hidróxido de cálcio necessários ao processo de depilação e caleiro, 30% são passíveis de recuperação, ou seja, 225 kg/dia. A estação de reciclagem de caleiro recupera 225 kg/dia de hidróxido de cálcio. Considerando 260 dias, há uma economia de 58.500 kg/ano de hidróxido de cálcio. O valor do kg de hidróxido de cálcio é R\$ 15,00 [31].

Total de hidróxido de cálcio economizado = R\$ 877.500,00 por ano (U\$ 292,500.00 ano)

3. Água

Dos 75.000 kg/dia de água necessária ao processo de depilação e caleiro, 80% são passíveis de recuperação, ou seja, 60.000 kg/dia, mas desse 60.000 kg/dia perde-se ainda no lodo gerado pela unidade de reciclagem 10.530 kg. Conclui-se que a unidade de reciclagem de caleiro recupera 49.470 kg/dia de água. Considerando 260 dias, há uma economia de 12.862,20 m³/ano de água. O valor do m³ de água é de R\$ 0,90 [28].

Total de água economizada = R\$ 11.575,98 por ano (U\$ 3,858.66 ano)

Anexo D – Notas de cálculos da Tabela 12

1. Eletricidade

Para levantamento do consumo de energia verificou-se o consumo de energia em cada equipamento.

Agitador para tanque de coleta e distribuição dos banhos piquel e curtimento (potência 1,5 HP trabalhando 8h = 8.952 W/dia)

Bomba de distribuição dos banhos residuais de piquel e curtimento (potência de 3 HP trabalhando 8 h = 17.904 W/dia)

Agitador para o tanque de precipitação (potência de 0,75 HP trabalhando 8h = 4.476 W/dia)

Agitador para dissolução do hidróxido de sódio (potência de 0,75 HP trabalhando 8h = 4.476 W/dia)

Bomba dosadora de solução de hidróxido de sódio (potência de 0,33 HP trabalhando 8h = 1.989 W/dia)

Agitador para redissolução do precipitado de cromo (potência de 0,33 HP trabalhando 8h = 1.989 W/dia)

Bomba de recalque para o retorno do liquor de cromo recuperado (potência de 3 HP trabalhando 8 h = 17.904 W/dia)

Total de 57.690 W/dia

O mesmo levantamento foi elaborado para estação de reciclagem de caleiro e para a ETE. Com base neste levantamento encontrou-se a proporção de cada estação. Para reciclagem de cromo considera-se que do total de energia gasta nos equipamentos 8% é na unidade de cromo.

Sabe-se que a um consumo de energia de 125.000 kWh/mês e que 2/3 da energia gasta são dos aeradores.

Com isso conclui-se que: $125.000/30 = 4.167$ kWh/dia; 2/3 dessa energia são aeradores = 2.778 kWh/dia; os outros 1/3 são rateados entre as estações. A estação de reciclagem de cromo consome 8%, ou seja, 111 kWh/dia. Considera-se no ano 40.000 kWh/ano ($111 \times 30 \times 12$). Considerou-se um valor médio por unidade de R\$ 0,15 (U\$ 0.05), total ano de R\$ 6.000,00 (U\$ 2.000.00)

Total de eletricidade = R\$ 6.000,00 por ano (U\$ 2.000.00 ano)

2. Salários e 13º salário

Considera-se que para operar a unidade de reciclagem de caleiro é necessário um funcionário trabalhando 8 horas por dia recebendo R\$ 600,00 por mês (U\$ 200.00).

Considerou-se que durante um ano o funcionário receberá a quantia de 12 meses de salário mais o 13º salário.

Total de salários e 13º salário = R\$ 7.800,00 por ano (U\$ 2.600.00 ano).

3. Férias + 1/3 de férias

Considera-se que com um ano de trabalho será necessário o pagamento das férias + 1/3 das férias do funcionário (R\$ 600,00 de férias mais R\$ 200,00).

Total de férias + 1/3 férias = R\$ 800,00 por ano (U\$ 266.70 ano)

4. Encargos Trabalhistas

Sobre o valor total dos salários, 13º salário e férias paga-se INSS (28,8%) e FGTS (8,5%).

Considera-se que com um ano de trabalho será necessário o pagamento de R\$ 2.477,00 de INSS e R\$ 731,00 de FGTS.

Total dos encargos trabalhistas = R\$ 3.208,00 por ano (U\$ 1,070.00 ano)

5. Produtos Químicos

Hidróxido de Sódio

Considerou-se que o tanque de precipitante de hidróxido de sódio possui um volume útil de 5 m³, entende-se que ele tenha uma capacidade de 5.000 L ou 5.000 kg. Segundo Class e Maia [23], 10% dessa capacidade é Sulfeto de Sódio (NaOH) ou seja 500 kg de NaOH, estoque para 5 dias. Pode-se concluir que são necessários 100 kg de NaOH por dia considerando 260 dias são necessários 26.000 kg/ano. O valor do kg de hidróxido de sódio é de R\$ 1,11 [31].

Total do hidróxido de sódio = R\$ 28.860,00 por ano (U\$ 9,620.00 ano)

Ácido Sulfúrico

Segundo Class e Maia [23], no Tanque de Redissolução do Precipitado de Cromo é usado 75 L de Ácido Sulfúrico por dia. Considerando 260 dias são necessários 19.500 kg/ano. O valor do kg de hidróxido de sódio é de R\$ 0,78 [31].

Total do hidróxido de sódio = R\$ 15.210,00 por ano (U\$ 5,070.00 ano)

Anexo E – Notas de cálculos da Tabela 13

1. Sulfato de Cromo

Segundo Class e Maia [23], 120 kg/dia de Cr_2O_3 são passíveis de reciclagem. O mesmo autor afirma que 25% dos sais de cromo comercial são constituídos por Cr_2O_3 . Conclui-se que os 120 kg/dia de Cr_2O_3 recuperados representam uma economia diária de 480 kg/dia do produto comercial. Considerando 260 dias têm-se 124.800 kg sulfato de cromo comercial por ano. O valor do kg de sulfato de cromo é de R\$ 2,34 [31].

Total de sulfato de cromo economizado = R\$ 292.032,00 por ano (US\$ 97,344.00 ano)

Anexo F – Notas de cálculos da Tabela 14

1. Eletricidade

Para levantamento do consumo de energia verificou-se o consumo de energia em cada equipamento.

Peneiramento dos banhos residuais (potência de 1 HP trabalhando 8h = 5.968 W/dia).

02 Aeradores dos banhos dos tanques de homogeneização (potência de 10 HP trabalhando 8h = 119.360 W/dia)

Bomba de equalização da vazão dos banhos residuais (potência de 10 HP trabalhando 19h = 141.740 W/dia)

Agitador para o tanque de coagulação (potência de 0,75 HP trabalhando 8h = 4.476 W/dia)

Agitador para o tanque de sulfato de manganês (potência de 0,5 HP trabalhando 8h=2.984 W/dia)

Agitador para o tanque de sulfato de alumínio (potencia de 0,333 HP trabalhando 8h=1.989 W/dia).

Agitador para o tanque de polieletrólito alumínio (potência de 0,333 HP trabalhando 8h=1.989 W/dia).

Agitador para o tanque floculação (potência de 1,5 HP trabalhando 8h = 8.952 W/dia).

Bomba Dosadora de soluções (potência de 0,5 HP trabalhando 19h = 7.087 W/dia).

Sedimentador Primário (potência de 0,333 HP trabalhando 8h = 1.989 W/dia).

Agitador para o tanque de condicionamento de lodo (potência de 2 HP trabalhando 8h=11.936 W/dia).

02 Misturadores (potência de 8HP trabalhando 8h = 95.488 W/dia).

Sedimentador Secundário (potência de 1 HP trabalhando 19h = 14.174 W/dia).

Bomba de reciclagem do lodo (potência de 10 HP trabalhando 8h = 59.680 W/dia).

Total de 477.812 W/dia

O mesmo levantamento foi elaborado para estação de reciclagem de caleiro e cromo. Com base neste levantamento encontrou-se a proporção de cada estação. Considera-se que do total de energia gasta nos equipamentos seja 69% para ETE.

Sabe-se que há um consumo de energia de 125.000 kWh/mês e que 2/3 da energia gasta são dos aeradores.

Com isso conclui-se que: $125.000/30 = 4.167$ kWh/dia; 2/3 dessa energia são aeradores = 2.778 kWh/dia; os outros 1/3 são rateados entre as estações. A ETE consome 69%, ou seja, 964 kWh/dia. Esse consumo de 964 kWh/dia mais o consumo dos aeradores de 2.778 kWh/dia é o total da energia elétrica gasta na ETE, ou seja, 3.750 kWh/dia. Considera-se no ano 1.350.000 kWh/ano ($3.750 \times 30 \times 12$). Considerou-se um valor médio por unidade de R\$ 0,15 (U\$ 0.05), total ano de R\$ 202.500,00 (U\$ 67,500.00)

Total de eletricidade = R\$ 202.500,00 por ano (U\$ 67,500.00 ano)

2. Salários e 13º salário

Considera-se que para operar a unidade de reciclagem de calceiro são necessários seis funcionários trabalhando 8 horas por dia recebendo R\$ 600,00 por mês (U\$ 200,00).

Considerou-se que durante um ano o funcionário receberá a quantia de 12 meses de salário mais o 13º salário.

Total de salários e 13º salário = R\$ 46.800,00 por ano (U\$ 15,600.00 ano).

3. Férias + 1/3 de férias

Considera-se que com um ano de trabalho será necessário o pagamento das férias + 1/3 das férias do funcionário (R\$ 600,00 de férias mais R\$ 200,00).

Total de férias + 1/3 férias = R\$ 4.800,00 por ano (U\$ 1,600.00 ano)

4. Encargos Trabalhistas

Sobre o valor total dos salários, 13º salário e férias paga-se INSS (28,8%) e FGTS (8,5%).

Considera-se que com um ano de trabalho será necessário o pagamento de R\$ 14.860,80 de INSS e R\$ 4.386,00 de FGTS.

Total dos encargos trabalhistas = R\$ 19.246,80 por ano (U\$ 6,415.60 ano)

5. Produtos Químicos

Sulfato de Manganês

Segundo Class e Maia [23] é utilizado de sulfato de manganês 70 mg/L de efluentes, estoque para 2 dias. Considera-se que há uma quantidade de 675.000 L de efluentes. Serão necessários 47,25 kg/dia de Sulfato de Manganês estoque para 2 dias (675.000 L x 0,07 g). Para um dia serão utilizados 23,63 kg/dia. Durante 260 dias utilizam-se 6.142 kg/ano. O valor do kg de sulfato de manganês é de R\$ 2,28 [31].

Total do sulfato de manganês = R\$ 14.003,76 por ano (U\$ 4,667.92 ano)

Sulfato de alumínio

Segundo Class e Maia [23] é utilizado de sulfato de alumínio 200 mg/L de efluentes, estoque para 1 dia. Considera-se que há uma quantidade de 675.000 L de efluentes. Serão necessários 135 kg/dia de Sulfato de Alumínio (675.000 L x 0,2g). Durante 260 dias utilizam-se 35.100 kg/ano. O valor do kg de sulfato de alumínio é de R\$ 0,81 [31].

Total do sulfato de alumínio = R\$ 28.431,00 por ano (U\$ 9,477.00 ano)

Polieletrólito

Segundo Class e Maia [23] é utilizado de polieletrólito 1 mg/L de efluentes, estoque para 1 dias. Considera-se que há uma quantidade de 675.000 L de efluentes. Serão necessários 0,675 kg/dia de polieletrólito (675.000 L x 0,001g). Durante 260 dias utilizam-se 176 kg/ano. O valor do kg da solução de polieletrólito é de R\$ 7,41 [31].

Total da solução de polieletrólito = R\$ 1.304,16 por ano (U\$ 434.72 ano)

Anexo G – Notas de cálculos da Tabela 15

1. Sulfato de Manganês

Sulfato de Manganês: Segundo Class e Maia [23] é utilizado de sulfato de manganês 70 mg/L de efluentes, estoque para 2 dias. Considera-se que há uma redução de 75.000 L/dia de efluentes quando se faz a reciclagem. Serão economizados 5.25 kg/dia de Sulfato de Manganês estoque para 2 dias (75.000 x 0,07g). Para um dia serão economizados 2,625 kg/dia. Durante 260 dias economizam-se 683 kg/ano. O valor do kg de sulfato de manganês é de R\$ 2,28 [31].

Total do sulfato de manganês economizado = R\$ 1.557,00 por ano (US\$ 519.00 ano)

2. Sulfato de alumínio

Segundo Class e Maia [23] é utilizado de sulfato de alumínio 200 mg/L de efluentes, estoque para 1 dia. Considera-se que há uma redução de 75.000 L/dia de efluentes quando se faz a reciclagem. Serão economizados 15 kg/dia de Sulfato de Alumínio (75.000 L x 0,2g). Durante 260 dias economizam-se 3.900 kg/ano. O valor do kg de sulfato de alumínio é de R\$ 0,81 [31].

Total do sulfato de alumínio economizado = R\$ 3.159,00 por ano (US\$ 1,053.00 ano)

3. Polieletrólito

Segundo Class e Maia [23] é utilizado de polieletrólito 1 mg/L de efluentes, estoque para 1 dia. Considera-se que há uma redução de 75.000 L/dia de efluentes quando se faz a reciclagem. Serão economizados 0,075 kg/dia de polieletrólito (75.000 L x 0,001g). Durante 260 dias economizam-se 20 kg/ano. O valor do kg da solução de polieletrólito é de R\$ 7,41 [31].

Total da solução de polieletrólito economizado = R\$ 148,20 por ano (US\$ 49.40 ano)

Anexo H – Notas de cálculos da Tabela 18

1. Tanques de Concretos, conforme anexo P

Tanque 1 (tanque de homogeneização dos banhos residuais) = 102,5 m³ de concreto.

Tanque 2 (coagulação) = 2,4 m³ de concreto

Tanque 3 (floculação) = 3,8 m³ de concreto

Tanque 4 (solução de sulfato de manganês) = 0,8 m³ de concreto

Tanque 5 (solução de sulfato de alumínio) = 2,3 m³ de concreto

Tanque 6 (solução polieletrólito) = 0,5 m³ de concreto

Sedimentador Primário = 26,0 m³ de concreto

Sedimentador Secundário = 79,2 m³ de concreto

Tanque 7 (tanque de condicionamento de lodo) = 7,65 m³ de concreto

Tanque 8 (tanque de lodo ativado) = 278 m³ de concreto

Tanque 9 (tanque para desnitrificação) = 30 m³ de concreto

Volume total de concreto = 533,15 m³

Considerou-se um tempo de vida útil da planta de 25 anos e a densidade do concreto de 2,5. (533,15/25 x 2.5) = 53,32 kg/ano.

Total de concreto = 5,33 x 10⁴ g/ano

2. Motores e Bombas

UNIDADE 01 - Aerador dos banhos dos tanques de homogeneização

UNIDADE 02 - Aerador dos banhos dos tanques de homogeneização

RESERVA - Aerador dos banhos dos tanques de homogeneização

Bomba de equalização da vazão dos banhos residuais

RESERVA - Bomba de equalização da vazão dos banhos residuais

Agitador para o tanque de coagulação

Agitador para o tanque de sulfato de manganês

Agitador para o tanque de sulfato de alumínio

Agitador para o tanque de polieletrólito

Agitador para o tanque floculação

Bomba Dosadora de soluções

Agitador para o tanque de condicionamento de lodo

Prensa desaguadora

UNIDADE 01 - Aerador para o reator aeróbico

UNIDADE 02 - Aerador para o reator aeróbico

UNIDADE 03 - Aerador para o reator aeróbico

UNIDADE 04 - Aerador para o reator aeróbico

RESERVA - Aerador para o reator aeróbico

UNIDADE 01 – Misturador

UNIDADE 02 – Misturador

RESERVA – Misturador

Bomba de reciclagem do lodo

RESERVA - Bomba de reciclagem do lodo

Peso total dos equipamentos = 1904 kg (segundo estimativas e pesquisa junto a Sanidro)

Considerou-se um tempo de vida útil de 10 anos ($1904 / 10$) = 190,40 kg/ano

Total de motores e bombas = $1,90 \times 10^5$ g/ano.

3. Fio Elétrico

Estima-se que há 600m de fio elétrico na planta.

A massa do fio elétrico é de 4,37 kg/100m (600m = 26,22kg) e 73% da massa é cobre (26,22kg x 73%), ou seja, 19,1 kg de cobre. O restante é plástico (26,22kg x 27%), ou seja, 7,08 kg de PVC. Considera-se a vida da planta 25 anos $19,1 / 25 = 0,76$ kg/ano e $7,08 / 25 = 0,28$ kg/ano.

Total de cobre = $7,66 \times 10^{-4}$ g/ano

Total de Plástico = $2,83 \times 10^{-4}$ g/ano

4. Tubulação

Estimam-se 300 m de tubos de PVC na planta, correspondem a 200 kg de massa.

Os tubos de PVC correspondem a 8 kg/ano. Considerou-se uma vida útil da planta de 25 anos.

Total de tubulação de PVC = $8,0 \times 10^{-3}$ g/ano

5. Transporte da Construção

Tanque 1 (tanque de homogeneização dos banhos residuais) = 600 m³ volume útil.

Tanque 2 (coagulação) = 5 m³ volume útil

Tanque 3 (floculação) = 10 m³ volume útil

Tanque 4 (solução de sulfato de manganês) = 4 m³ volume útil

Tanque 5 (solução de sulfato de alumínio) = 1,5 m³ volume útil

Tanque 6 (solução polieletrólito) = 0,75 m³ volume útil

Sedimentador Primário = 88 m³ volume útil

Sedimentador Secundário = 200 m³ volume útil

Tanque 7 (tanque de condicionamento de lodo) = 27 m³ volume útil

Tanque 8 (tanque de lodo ativado) = 2.150 m³ volume útil

Tanque 9 (tanque para desnitrificação) = 160 m³ volume útil

Volume útil total = 3.246 m³

Considera-se um aumento no volume total de 25% ($3.246 + 25\%$) = 4.057,50 m³

Considerou-se que um caminhão tem capacidade de carregar 16 m³, que cada caminhão percorrerá 10 km; que cada caminhão faz 8 km com 1L e que 1L de diesel equivale a $3,56 \times 10^7$ J.

Conclui-se que: volume útil/capacidade de caminhão transportar ($4057,50 / 16$) = 254 caminhões necessários para o transporte. Se cada caminhão percorrerá 10 km, serão percorridos 2.540 km (254×10). Com 1 litro de diesel faz-se 8 km ($2540 / 8$), sendo necessário 317,50 L o equivalente a $1,13E+10$ J. Considera-se vida planta 25 anos, o diesel por ano será de $4,51 \times 10^8$.

Total de diesel = $4,51 \times 10^8$ J/ano.

6. Trabalho Humano

Considerou-se para a implantação da planta 10 pessoas trabalhando 160 horas por mês, durante 6 meses ($10 \times 160 \text{ h} \times 6 \text{ meses}$) = 9.600 h. Considera-se 25 anos. ($9.600 \text{ h} / 25$) = 384 h/ano

Cada pessoa gasta 2.500 kcal por dia. Para 384 h/ano serão necessárias 40.000 kcal/ano ($384 \text{ h/ano} \times (2500 \text{ kcal} / 24 \text{ h})$). Às 40.000 kcal/ano equivalem a $1,67 \times 10^8 \text{ J/ano}$. (40.000×4.186).

Total de mão-de-obra = $1,67 \times 10^8 \text{ J/ano}$.

7. Oxigênio

Baseado em dados de um curtume que processa 8.000 kg/dia de pele [23], estimou-se a quantidade sulfetos presentes para o curtume de 25.000 kg/dia de peles.

Para um curtume que processa 25.000 kg/dia de peles as quantidades dos banhos são de 413 m^3 e as quantidades de sulfetos presentes no banho são de 253 kg/dia.

Segunda Class e Maia [23] para cada kg de sulfeto a oxidar é necessário outro kg de oxigênio, ou seja, para os 253 kg/dia de sulfetos serão necessários outros 253 kg/dia de oxigênio. Conclui-se que para oxidação dos sulfetos serão necessários 253.000 g/dia de oxigênio. Durante 260 dias serão necessários 65.780.000 g/ano.

Além da oxidação dos sulfetos no tanque de homogeneização haverá a oxidação biológica no tanque secundário. Segundo Class e Maia [23], no tanque de tratamento secundário o efluente possui um DBO_5 de $2.350 \text{ mgO}_2/\text{L}$ e que este tanque possui uma eficiência de 97,5%. Com base na eficiência apresentada, conclui-se que serão necessários $2.291,25 \text{ mgO}_2/\text{L}$ para depuração biológica.

São necessários $2,29 \text{ gO}_2/\text{L}$ de efluentes e o tanque possui 750.000 L de efluentes, conclui-se que serão necessários $1.717.500 \text{ gO}_2/\text{dia}$, considerando 260 dias são necessários $446.550.000 \text{ gO}_2/\text{ano}$.

Para oxidação dos sulfetos no tanque de homogeneização e para oxidação no tratamento primário serão necessários $5,12 \times 10^8 \text{ gO}_2/\text{ano}$ ($6,57 \times 10^7 + 4,46 \times 10^8$).

Total de oxigênio = $5,12 \times 10^8 \text{ J/ano}$.

8. Eletricidade

Para levantamento do consumo de energia verificou-se o consumo de energia em cada equipamento.

Peneiramento dos banhos residuais (potência de 1 HP trabalhando 8h = 5.968 W/dia).

02 Aeradores dos banhos dos tanques de homogeneização (potência de 10 HP trabalhando 8h = 119.360 W/dia)

Bomba de equalização da vazão dos banhos residuais (potência de 10 HP trabalhando 19h = 141.740 W/dia).

Agitador para o tanque de coagulação (potência de 0,75 HP trabalhando 8h = 4.476 W/dia).

Agitador para o tanque de sulfato de manganês (potência de 0,5 HP trabalhando 8h = 2.984 W/dia).

Agitador para o tanque de sulfato de alumínio (potência de 0,333 HP trabalhando 8h = 1.989 W/dia).

Agitador para o tanque de polieletrólito alumínio (potência de 0,333 HP trabalhando 8h = 1.989 W/dia).

Agitador para o tanque floculação (potência de 1,5 HP trabalhando 8h = 8.952 W/dia).

Bomba Dosadora de soluções (potência de 0,5 HP trabalhando 19h = 7.087 W/dia).

Sedimentador Primário (potência de 0,333 HP trabalhando 8h = 1.989 W/dia).

Agitador para o tanque de condicionamento de lodo (potência de 2 HP trabalhando 8h = 11.936 W/dia)

02 Misturadores (potência de 8HP trabalhando 8h = 95.488 W/dia)

Sedimentador Secundário (potência de 1 HP trabalhando 19h = 14.174 W/dia).

Bomba de reciclagem do lodo (potência de 10 HP trabalhando 8h = 59.680 W/dia).

Total de 477.812 W/dia

O mesmo levantamento foi elaborado para estação de reciclagem de calcário e cromo. Com base neste levantamento encontrou-se a proporção de cada estação. Considera-se que do total de energia gasta nos equipamentos seja 69% para ETE.

Sabe-se que há um consumo de energia de 125.000 kWh/mês e que 2/3 da energia gasta são dos aeradores.

Com isso conclui-se que: $125.000/30 = 4.167$ kWh/dia; 2/3 dessa energia são aeradores = 2.778 kWh/dia; os outros 1/3 são rateados entre as estações. A ETE consome 69%, ou seja, 964 kWh/dia. Esse consumo de 964 kWh/dia mais o consumo dos aeradores de 2.778 kWh/dia é o total da energia elétrica gasta na ETE, ou seja, 3.750 kWh/dia. Considera-se no ano 1.350.000 kWh/ano ($3.750 \times 30 \times 12$). O equivalente a $4,86 \times 10^{12}$ J/ano ($1,35E+06 \times 3,60 \times 10^6$).

Total de eletricidade = $4,86 \times 10^{12}$ J/ano

9. Trabalho Humano

Considera-se que para operar a ETE são necessários 6 funcionários trabalhando 8 horas por dia durante 230 dias. ($6 \times 8 \times 230$) = 11.040 h/ano.

Cada pessoa gasta 2.500 kcal/dia. Para 11.040 h/ano serão necessárias 1.150.000 kcal/ano ($11.040 \times (2500/24)$). Às 1.150.000 kcal/ano equivalem a $4,81 \times 10^9$ J ($1.150.000 \times 4.186$).

Total de mão-de-obra = $4,81 \times 10^9$ J/ano.

10. Produtos Químicos

Sulfato de Manganês: Segundo Class e Maia [23] é utilizado de sulfato de manganês 70 mg/L de efluentes, estoque para 2 dias. Considera-se que há uma quantidade de 750.000 L/dia de efluentes. Serão necessários 52.500 g/dia de Sulfato de Manganês estoque para 2 dias ($750.000 \text{ L} \times 0,07 \text{ g}$). Para um dia serão utilizados 26.250 g/dia. Durante 260 dias utilizam-se $6,83 \times 10^6$ g/ano.

Total de sulfato de manganês = $6,83 \times 10^6$ g/ano

Sulfato de alumínio: Segundo Class e Maia [23] é utilizado de sulfato de alumínio 200 mg/L de efluentes, estoque para 1 dia. Considera-se que há uma quantidade de 750.000 L/dia de efluentes. Serão necessários 150.000 g/dia de Sulfato de Alumínio (750.000 L x 0,2g). Durante 260 dias utilizam-se $3,90 \times 10^7$ g/ano.

Total de sulfato de alumínio = $3,90 \times 10^7$ g/ano

Polieletrólito: Segundo Class e Maia [23] é utilizado de polieletrólito 1 mg/L de efluentes, estoque para 1 dia. Considera-se que há uma quantidade de 750.000 L/dia de efluentes. Serão necessários 750 g/dia de polieletrólito (750.000 L x 0,001g). Durante 260 dias utilizam-se $1,95 \times 10^5$ g/ano.

Total de polieletrólito = $1,95 \times 10^5$ g/ano

11. Chuva

Considerou-se que:

Climatologia de precipitação do ano no RS = 1.348 mm/ano [25]

O tanque de homogeneização e o tanque de lodo ativado por aeração recebem água da chuva. O tanque de homogeneização possui 200 m² de área e o tanque de lodo ativado possui 720 m².

Um metro cúbico equivale a 4,90E+06 J

Conclui-se que o tanque de homogeneização recolhe 269,6 m³ de água da chuva (1.348 x (200 / 1.000)) e que o tanque de lodo ativado recolhe 970,56 m³ de água da chuva (1.348 x (720 / 1.000))

O equivalente em J de:

Tanque de homogeneização = $1,32 \times 10^9$ J/ano (269,6 x 4,90E+06)

Tanque de lodo ativado = $4,76 \times 10^9$ J/ano (970,56 x 4,90E+06)

Total de água da chuva recolhida nos tanques = $6,08 \times 10^9$ J/ano

Anexo I – Notas de Cálculos da tabela 19

1. Tanques de Concretos:

Tanque 1 (coleta e distribuição dos banhos residuais) = 14,25 m³ de concreto

Tanque 2 (estocagem do banho de caleiro recuperado) = 14,25 m³ de concreto

Sedimentador dos banhos residuais de caleiro = 10,5 m³ de concreto

Volume total de concreto = 39 m³

Considerou-se um tempo de vida útil da planta de 25 anos e a densidade do concreto de 2,5. $(39 / 25 \times 2.5) = 3,9$ kg/ano

Total concreto = 3,90 x 10⁴ g/ano

2. Motores e Bombas

Agitador para tanque de coleta e distribuição dos banhos residuais.

Bomba de distribuição dos banhos residuais de caleiro.

RESERVA - Bomba de distribuição dos banhos residuais de caleiro.

Bomba de descarte do lodo do caleiro.

RESERVA - Bomba de descarte do lodo do caleiro.

Bomba de recalque para retorno do banho de caleiro recuperado.

RESERVA - Bomba de recalque para retorno do banho de caleiro recuperado.

Peso total dos equipamentos = 350 kg (segundo estimativas e pesquisa junto à Sanidro).

Considerou-se um tempo de vida útil de 10 anos $(350 / 10) = 35$ kg/ano.

Total de motores e bombas = 3,50 x 10⁴ g/ano.

3. Fio Elétrico

Estima-se que há 200m de fio elétrico na planta

A massa do fio elétrico é de 4,37 kg/100m (200m = 8,74kg) e 73% da massa é cobre (8,74kg x 73%), ou seja, 6,4 kg de cobre. O restante é plástico (8,74kg x 27%), ou seja, 2,4 kg de PVC. Considera-se a vida da planta 25 anos $6,4 / 25 = 0,25$ kg/ano e $2,4 / 25 = 0,09$ kg/ano.

Total de cobre = 2,55 x 10⁴ g/ano

Total de Plástico = 9,44 x 10⁵ g/ano

4. Tubulação

Estimam-se 40 m de tubos de PVC na planta, correspondendo a 60,4 Kg de massa.

Os tubos de PVC correspondem a 2,5 kg/ano. Considerando uma vida útil da planta de 25 anos

Total de tubulação de PVC = 2,50 x 10³ g/ano

5. Transporte da Construção

Tanque 1 (coleta e distribuição dos banhos residuais) = 75 m³ volume útil.

Tanque 2 (estocagem do banho de caleiro recuperado) = 75 m³ volume útil.

Sedimentador dos banhos residuais de caleiro = 19,8 m³ volume útil.

Volume útil total = $169,8 \text{ m}^3$

Considera-se um aumento no volume total de 25% ($169,8 \times 25\%$) = $212,25 \text{ m}^3$

Considerou-se que um caminhão tem capacidade de carregar 16 m^3 ; que cada caminhão percorrerá 10 km; que cada caminhão faz 8km com 1L e que 1L de diesel equivale a $3,56 \times 10^7 \text{ J}$.

Conclui-se que: volume útil / capacidade de caminhão transportar ($212,25 / 16$) = 13 caminhões necessários para o transporte. Se cada caminhão percorrerá 10 km, serão percorridos 130 km (13×10). Cada litro de diesel faz 8 km ($130 / 8$), sendo necessário 16,25 L o equivalente a $5,78 \times 10^8 \text{ J}$. Considera-se vida planta 25 anos, o diesel por ano será de $2,31 \times 10^7$.

Total de diesel = $2,31 \times 10^7 \text{ J/ano}$

6. Trabalho Humano

Considerou-se para a implantação da planta 5 pessoas trabalhando 160 horas por mês durante 4 meses ($5 \times 160 \times 4$) = 3.200 h. Considera-se 25 anos. ($3.200 / 25$) = 128 h/ano. Cada pessoa gasta 2.500 kcal por dia. Para 128 h/ano serão necessárias 13.333 kcal/ano ($128 \times (2500 / 24)$). Às 13.333 kcal/ano equivalem a $5,58 \times 10^7 \text{ J}$. (13333×4.186).

Total de mão-de-obra = $5,58 \times 10^7 \text{ J/ano}$

7. Eletricidade

Para levantamento do consumo de energia verificou-se o consumo de energia em cada equipamento.

Agitadores para tanque de coleta e distribuição dos banhos residuais (01 com uma potência de 4 HP trabalhando 8h/dia = 23.872 W/dia e outro com uma potência de 3 HP trabalhando 8h = 17.904 W/dia)

Bomba de descarte do lodo do caleiro (potência de 12,5 HP trabalhando 10h = 93.250 W/dia)

Bomba de recalque para retorno do banho de caleiro recuperado (potência de 3 HP trabalhando 8h = 17.904 w/dia)

Total de 152.930 W/dia

O mesmo levantamento foi elaborado para estação de reciclagem de cromo e para a ETE. Com base neste levantamento encontrou-se a proporção de cada estação. Para reciclagem de caleiro considera-se que do total de energia gasta nos equipamentos seja de 22%.

Sabe-se que a um consumo de energia de 125.000 kWh/mês e que 2/3 da energia gasta são dos aeradores. Com isso conclui-se que: $125.000 / 30 = 4167 \text{ kWh/dia}$; 2/3 dessa energia são aeradores = 2.778 kWh/dia ; os outros 1/3 são rateados entre as estações. A estação de reciclagem consome 22%, ou seja, 306 kWh/dia. Considera-se no ano 110.000 kWh/ano ($306 \times 30 \times 12$). O equivalente a $3,96 \times 10^{11} \text{ J/ano}$ ($1,10 \times 10^5 \times 3,60 \times 10^6$).

Total de eletricidade = $3,96 \times 10^{11} \text{ J/ano}$

8. Trabalho Humano

Considera-se que para operar a unidade de reciclagem de calceiro é necessário 1 funcionário trabalhando 8 horas por dia durante 230 dias. $(1 \times 8 \times 230) = 1.840$ h/ano.

Cada pessoa gasta 2.500 kcal por dia. Para 1.840 h/ano serão necessárias 191.667 kcal/ano $(1.840 \times (2.500 / 24))$. As 191.667 kcal/ano equivalem a $8,02 \times 10^8$ J (191.667×4.186) .

Total de mão-de-obra = $8,02 \times 10^8$ J/ano.

Anexo J – Notas de Cálculos da Tabela 20

1. Água

Dos 75.000 kg/dia de água necessária ao processo de depilação e caleiro, 80% são passíveis de recuperação, ou seja, 60.000 kg/dia, mas desse 60.000 kg/dia perde-se ainda no lodo gerado pela unidade de reciclagem 10.530 kg. Conclui-se que a unidade de reciclagem de caleiro recupera 49.470 kg/dia de água ou 49.470.000 g/dia. Considerando 260 dias, há uma economia de $1,29 \times 10^{10}$ g/ano de água.

Total de água economizada = $1,29 \times 10^{10}$ g/ano

2. Sulfeto de Sódio

Dos 750 kg/dia de sulfeto de sódio necessários ao processo de depilação e caleiro, 50% são passíveis de recuperação, ou seja, 375 kg/dia, A estação de reciclagem de caleiro recupera 375.000 g/dia de sulfeto de sódio. Considerando 260 dias, há uma economia de $9,75 \times 10^7$ g/ano de sulfeto de sódio.

Total de Sulfeto de Sódio Economizado = $9,75 \times 10^7$ g/ano

3. Hidróxido de Cálcio

Dos 750 kg/dia de hidróxido de cálcio necessários ao processo de depilação e caleiro, 30% são passíveis de recuperação, ou seja, 225 kg/dia. A estação de reciclagem de caleiro recupera 225.000 g/dia de hidróxido de cálcio. Considerando 260 dias, há uma economia de $5,85 \times 10^7$ g/ano de hidróxido de cálcio.

Total de Hidróxido de Cálcio Economizado = $5,85 \times 10^7$ g/ano.

Anexo L – Notas de Cálculos da Tabela 21

1. Tanques de Concretos:

Tanque 1 (coleta e distribuição dos banhos residuais) = 7,65 m³ de concreto

Tanque 2 (tanque de precipitação do hidróxido de cromo) = 2,4 m³ de concreto

Tanque 3 (tanque de solução precipitante de hidróxido de sódio) = 2,4 m³ de concreto

Volume total de concreto = 12,45 m³

Considerou-se um tempo de vida útil da planta de 25 anos e a densidade do concreto de 2,5. $((12,45 / 25) \times 2.5) = 1,25$ kg/ano.

Total de concreto = 1,25 x 10³ g/ano.

2. Fibra de Vidro

Estima-se que a fibra de vidro reforçada de plástico possui um volume de 15×10^{-2} m³. Total da fibra de vidro reforçada de plástico = 2 unidades x $(15 \times 10^{-2}$ m³) x (1200 Kg/ m³) / 25 anos.

Obs: 1.200 kg/m³ é a densidade da fibra de vidro.

Total da fibra de vidro reforçada de plástico = 1,50 x 10⁴g/ano

3. Motores e Bombas

Agitador para tanque de coleta e distribuição dos banhos piquel e curtimento

Bomba de distribuição dos banhos residuais de piquel e curtimento

RESERVA -Bomba de distribuição dos banhos residuais de piquel e curtimento

Agitador para o tanque de precipitação

Agitador para dissolução do hidróxido de sódio.

UNIDADE 01 - Bomba dosadora de solução de hidróxido de sódio.

UNIDADE 02 - Bomba dosadora de solução de hidróxido de sódio.

Peagâmetro.

Filtro-prensa para desitração do precipitado de cromo.

UNIDADE 01 - Agitador para redissolução do precipitado de cromo.

UNIDADE 02 - Agitador para redissolução do precipitado de cromo.

Bomba de recalque para o retorno do liquor de cromo recuperado.

RESERVA - Bomba de recalque para o retorno do liquor de cromo recuperado.

Peso total dos equipamentos = 862 kg (segundo estimativas e pesquisa junto a Sanidro).

Considerou-se um tempo de vida útil de 10 anos $(862 / 10) = 86,20$ kg/ano.

Total de motores e bombas = 8,62 x 10⁴ g/ano

4. Fio Elétrico

Estima-se que há 200m de fio elétrico na planta

A massa do fio elétrico é de 4,37 kg/100m (200m = 8,74kg) e 73% da massa é cobre (8,74kg x 73%), ou seja, 6,4 kg de cobre. O restante é plástico

(8,74kg x 27%), ou seja, 2,4 kg de PVC. Considera-se a vida da planta 25 anos
 $6,4 / 25 = 0,25$ kg/ano e $2,4 / 25 = 0,09$ kg/ano.

Total de cobre = $2,55 \times 10^{-4}$ g/ano

Total de Plástico = $9,44 \times 10^{-5}$ g/ano

5. Tubos de PVC

Estimam-se 40 m de tubos de PVC na planta, correspondendo a 60,4 Kg de massa.

Os tubos de PVC correspondem a 2,5 kg/ano. Considerando uma vida útil da planta de 25 anos

Total de tubulação de PVC = $2,50 \times 10^{-3}$ g/ano

6. Transportes resíduos de construção

Tanque 1 (coleta e distribuição dos banhos residuais) = 27 m^3 de volume útil.

Tanque 2 (tanque de precipitação do hidróxido de cromo) = 5 m^3 de volume útil.

Tanque 3 (tanque de solução precipitante de hidróxido de sódio) = 5 m^3 de volume útil.

Volume útil total = 37 m^3

Considera-se um aumento no volume total de 25% ($37+25\%$)= $46,25 \text{ m}^3$

Considerou-se que um caminhão tem capacidade de carregar 16 m^3 ; que cada caminhão percorrerá 10 km; que cada caminhão faz 8km com 1L e que 1L de diesel equivale a $3,56 \times 10^7$ J.

Conclui-se que: volume útil / capacidade de caminhão transportar ($46,25 / 16$) = 3 caminhões necessários para o transporte. Se cada caminhão percorrerá 10 km, serão percorridos 30 km (3×10). Cada litro de diesel faz 8 km ($30 / 8$), sendo necessário 3,75 L o equivalente a $1,33 \times 10^8$ J. Considera-se vida planta 25 anos, o diesel por ano será de $5,34 \times 10^6$ J/ano.

Total de diesel = $5,34 \times 10^6$ J/ano

7. Trabalho Humano

Considerou-se para a implantação da planta 5 pessoas trabalhando 160 horas por mês durante 4 meses ($5 \times 160 \times 4$) = 3.200 h. Considera-se 25 anos. ($3.200 / 25$) = 128 h/ano. Cada pessoa gasta 2.500 kcal por dia. Para 128 h/ano serão necessárias 13.333 kcal/ano ($128 \times (2500 / 24)$). As 13.333 kcal/ano equivalem a $5,58 \times 10^7$ J. ($13.333 \times 4,186$).

Total de mão-de-obra = $5,58 \times 10^7$ J/ano

8. Eletricidade

Para levantamento do consumo de energia verificou-se o consumo de energia em cada equipamento.

Agitador para tanque de coleta e distribuição dos banhos piquel e curtimento (potência 1,5 HP trabalhando 8h = 8.952 W/dia)

Bomba de distribuição dos banhos residuais de piquel e curtimento (potência de 3 HP trabalhando 8 h = 17.904 W/dia)

Agitador para o tanque de precipitação (potência de 0,75 HP trabalhando 8h = 4.476 W/dia)

Agitador para dissolução do hidróxido de sódio (potência de 0,75 HP trabalhando 8h = 4.476 W/dia)

Bomba dosadora de solução de hidróxido de sódio (potência de 0,33 HP trabalhando 8h = 1.989 W/dia)

Agitador para redissolução do precipitado de cromo (potência de 0,33 HP trabalhando 8h = 1.989 W/dia)

Bomba de recalque para o retorno do liquor de cromo recuperado (potência de 3 HP trabalhando 8 h = 17.904 W/dia)

Total de 57.690 W/dia

O mesmo levantamento foi elaborado para estação de reciclagem de calceiro e para a ETE. Com base neste levantamento encontrou-se a proporção de cada estação. Para reciclagem de cromo considera-se que do total de energia gasta nos equipamentos 8% é na unidade de cromo.

Sabe-se que a um consumo de energia de 125.000 kWh/mês e que 2/3 da energia gasta são dos aeradores.

Com isso conclui-se que: $125.000/30 = 4.167$ kWh/dia; 2/3 dessa energia são aeradores = 2.778 kWh/dia; os outros 1/3 são rateados entre as estações. A estação de reciclagem de cromo consome 8%, ou seja, 111 kWh/dia. Considera-se no ano 40.000 kWh/ano ($111 \times 30 \times 12$). O equivalente a $1,44E+11$ J/ano ($3,99 \times 10^4 \times 3,60 \times 10^6$).

Total de eletricidade = $1,44 \times 10^{11}$ J/ano

9. Trabalho Humano

Considera-se que na unidade de reciclagem de cromo é necessário 1 funcionário trabalhando 8 horas por dia durante 230 dias no ano. ($1 \times 8 \times 230$) = 1.840 h/ano.

Cada pessoa gasta 2500 por dia. Para 1.840 h/ano serão necessárias 191.666 kcal/ano ($1.840 \times (2.500 / 24)$). As 191.666 kcal/ano equivalem a $8,02 \times 10^8$ J. (191.666×4.186).

Total de mão-de-obra = $8,02 \times 10^8$ J/ano

10. Produtos Químicos

Hidróxido de Sódio: Considerou-se que o Tanque de precipitante de hidróxido de sódio possui um volume útil de 5 m^3 , entende-se que ele tenha uma capacidade de 5.000L ou 5.000 kg. Segundo Class e Maia [23], 10% dessa capacidade é Sulfeto de Sódio (NaOH) ou seja 500 kg de NaOH, estoque para 5 dias. Pode-se concluir que são necessários 100 kg de NaOH por dia considerando 260 dias são necessários $2,60 \times 10^7$ g/ano.

Total de hidróxido de sódio = $2,60 \times 10^7$ g/ano

Ácido Sulfúrico: Segundo Class e Maia [23], no Tanque de Redissolução do Precipitado de Cromo é usado 75 L de Ácido Sulfúrico por dia. Considerando 260 dias são necessários $1,95 \times 10^7$ g/ano.

Total de ácido sulfúrico = $1,95 \times 10^7$ g/ano

Anexo M – Nota de Cálculo da tabela 22

1. Sulfato de Cromo

Segundo Class e Maia [23], 120 kg/dia de Cr_2O_3 são passíveis de reciclagem. O mesmo autor afirma que 25% dos sais de cromo comercial são constituídos por Cr_2O_3 . Conclui-se que os 120 kg/dia de Cr_2O_3 recuperados representam uma economia diária de 480 kg/dia do produto comercial. Considerando 260 dias têm-se $1,25 \times 10^8$ g/ano de sulfato de cromo comercial.

Total de Sulfato de Cromo economizado = $1,25 \times 10^8$ g/ano

Anexo N – Notas de Cálculos da Tabela 23

1. Tanques de Concretos:

Tanque 1 (tanque de homogeneização dos banhos residuais) = 102,5 m³ de concreto

Tanque 2 (coagulação) = 2,4 m³ de concreto

Tanque 3 (floculação) = 3,8 m³ de concreto

Tanque 4 (solução de sulfato de manganês) = 0,8 m³ de concreto

Tanque 5 (solução de sulfato de alumínio) = 2,3 m³ de concreto

Tanque 6 (solução polieletrólito) = 0,5 m³ de concreto

Sedimentador Primário = 26,0 m³ de concreto

Sedimentador Secundário = 79,2 m³ de concreto

Tanque 7 (tanque de condicionamento de lodo) = 7,65 m³ de concreto

Tanque 8 (tanque de lodo ativado) = 278 m³ de concreto

Tanque 9 (tanque para desnitrificação) = 30 m³ de concreto

Volume total de concreto = 533,15 m³

Considerou-se um tempo de vida útil da planta de 25 anos e a densidade do concreto de 2,5. $((533,15/25) \times 2.5) = 53,32$ kg/ano.

Total de concreto = 5,33 x 10⁴ g/ano

2. Motores e Bombas

UNIDADE 01 - Aerador dos banhos dos tanques de homogeneização

UNIDADE 02 - Aerador dos banhos dos tanques de homogeneização

RESERVA - Aerador dos banhos dos tanques de homogeneização

Bomba de equalização da vazão dos banhos residuais

RESERVA - Bomba de equalização da vazão dos banhos residuais

Agitador para o tanque de coagulação

Agitador para o tanque de sulfato de manganês

Agitador para o tanque de sulfato de alumínio

Agitador para o tanque de polieletrólito

Agitador para o tanque floculação

Bomba Dosadora de soluções

Agitador para o tanque de condicionamento de lodo

Prensa desaguadora

UNIDADE 01 - Aerador para o reator aeróbico

UNIDADE 02 - Aerador para o reator aeróbico

UNIDADE 03 - Aerador para o reator aeróbico

UNIDADE 04 - Aerador para o reator aeróbico

RESERVA - Aerador para o reator aeróbico

UNIDADE 01 – Misturador

UNIDADE 02 – Misturador

RESERVA – Misturador

Bomba de reciclagem do lodo

RESERVA - Bomba de reciclagem do lodo

Peso total dos equipamentos = 1.904 kg (segundo estimativas e pesquisa junto à Sanidro)

Considerou-se um tempo de vida útil de 10 anos $(1.904/10) = 190,40$ kg/ano

Total de motores e bombas = $1,90 \times 10^5$ g/ano.

3. Fio Elétrico

Estima-se que há 600m de fio elétrico na planta

A massa do fio elétrico é de 4,37 kg/100m (600m = 26,22kg) e que 73% da massa é cobre (26,22kg x 73%), ou seja, 19,1 kg de cobre. O restante é plástico (26,22kg x 27%), ou seja, 7,08 kg de PVC. Considera-se a vida da planta 25 anos $19,1 / 25 = 0,76$ kg/ano e $7,08 / 25 = 0,28$ kg/ano.

Total de cobre = $7,66 \times 10^{-4}$ g/ano

Total de Plástico = $2,83 \times 10^{-4}$ g/ano

4. Tubulação

Estimam-se 300 m de tubos de PVC na planta, correspondendo a 200 kg de massa.

Os tubos de PVC correspondem a 8 kg/ano. Considerando uma vida útil da planta de 25 anos.

Total de tubulação de PVC = $8,00 \times 10^{-3}$ g/ano

5. Transporte da Construção

Tanque 1 (tanque de homogeneização dos banhos residuais) = 600 m³ volume útil

Tanque 2 (coagulação) = 5 m³ volume útil

Tanque 3 (floculação) = 10 m³ volume útil

Tanque 4 (solução de sulfato de manganês) = 4 m³ volume útil

Tanque 5 (solução de sulfato de alumínio) = 1,5 m³ volume útil

Tanque 6 (solução polieletrólito) = 0,75 m³ volume útil

Sedimentador Primário = 88 m³ volume útil

Sedimentador Secundário = 200 m³ volume útil

Tanque 7 (tanque de condicionamento de lodo) = 27 m³ volume útil

Tanque 8 (tanque de lodo ativado) = 2.150 m³ volume útil

Tanque 9 (tanque para desnitrificação) = 160 m³ volume útil

Volume útil total = 3.246 m³

Considera-se um aumento no volume total de 25% (3.246 + 25%) = 4.057,50 m³

Considerou-se que um caminhão tem capacidade de carregar 16 m³; que cada caminhão percorrerá 10 km; que cada caminhão faz 8 km com 1L e que 1L de diesel equivale a 3,56E+07 J.

Conclui-se que: volume útil / capacidade de caminhão transportar (4.057,50 / 16) = 254 caminhões necessários para o transporte. Se cada caminhão percorrerá 10 km, serão percorridos 2.540 km (254 x 10). Com 1 litro de diesel faz-se 8 km (2.540 / 8), sendo necessário 317,50 L o equivalente a $1,13 \times 10^{10}$ J. Considera-se vida planta 25 anos, o diesel por ano será de 4,51E+08.

Total de diesel = $4,51 \times 10^8$ J/ano.

6. Trabalho Humano

Considerou-se para a implantação da planta 10 pessoas trabalhando 160 horas por mês durante 6 meses ($10 \times 160 \times 6$) = 9.600 h. Considera-se 25 anos. ($9.600 / 25$) = 384 h/ano

Cada pessoa gasta 2.500 kcal por dia. Para 384 h/ano serão necessárias 40.000 kcal/ano ($384 \times (2500 / 24)$). As 40.000 kcal/ano equivalem a $1,67 \times 10^8$ J/ano (40.000×4.186).

Total de mão-de-obra = $1,67 \times 10^8$ J/ano.

7. Oxigênio

Segundo Class e Maia [23], com a reciclagem, os banhos que chegam ao tanque de homogeneização atingem um teor médio de sulfeto residual de 20 mgS²⁻/L de efluentes. Os efluentes, quando há reciclagem, são de 540.000 L/dia (considerando o tanque de homogeneização é de 600 m³ e que há uma redução de 10% na quantidade de efluentes quando se faz reciclagem). Conclui-se que o total de sulfetos a oxidar é de 10.800 g/dia ($540.000 \text{ L/dia} \times 20\text{mg/L}$)

Segunda Class e Maia [23] para cada kg de sulfeto a oxidar é necessário outro kg de oxigênio, ou seja, para os 10.800 g/dia de sulfetos serão necessários outros 10.800 g/dia de oxigênio. Durante 260 dias serão necessários 2.808.000 g/ano de oxigênio.

Além da oxidação dos sulfetos no tanque de homogeneização haverá a oxidação biológica no tanque secundário. Segundo Class e Maia [23] no tanque de tratamento secundário os efluentes, com reciclagem possuem um DBO₅ de 1.800 mgO₂/L e que este tanque possui uma eficiência de 97,5%. Com base na eficiência apresentada, conclui-se que serão necessários 1.755 mgO₂/L para depuração biológica.

São necessários 1,76 gO₂/L de efluentes e o tanque possui 675.000 L de efluentes, conclui-se que serão necessários 1.188.000 gO₂/dia, considerando 260 dias são necessários 308.880.000 gO₂/ano.

Para oxidação dos sulfetos no tanque de homogeneização e para oxidação no tratamento primário serão necessários $3,12 \times 10^8$ gO₂/ano

Total de oxigênio = $3,12 \times 10^8$ g/ano.

8. Eletricidade

Para levantamento do consumo de energia verificou-se o consumo de energia em cada equipamento.

Peneiramento dos banhos residuais (potência de 1 HP trabalhando 8h = 5.968 W/dia).

02 Aeradores dos banhos dos tanques de homogeneização (potência de 10 HP trabalhando 8h = 119.360 W/dia)

Bomba de equalização da vazão dos banhos residuais (potência de 10 HP trabalhando 19h = 141.740 W/dia)

Agitador para o tanque de coagulação (potência de 0,75 HP trabalhando 8h = 4.476 W/dia)

Agitador para o tanque de sulfato de manganês (potência de 0,5 HP trabalhando 8h=2.984 W/dia)

Agitador para o tanque de sulfato de alumínio (potencia de 0,333 HP trabalhando 8h=1.989 W/dia).

Agitador para o tanque de polieletrólito alumínio (potência de 0,333 HP trabalhando 8h=1.989 W/dia).

Agitador para o tanque floculação (potência de 1,5 HP trabalhando 8h = 8.952 W/dia).

Bomba Dosadora de soluções (potência de 0,5 HP trabalhando 19h = 7.087 W/dia).

Sedimentador Primário (potência de 0,333 HP trabalhando 8h = 1.989 W/dia).

Agitador para o tanque de condicionamento de lodo (potência de 2 HP trabalhando 8h=11.936 W/dia).

02 Misturadores (potência de 8HP trabalhando 8h = 95.488 W/dia).

Sedimentador Secundário (potência de 1 HP trabalhando 19h = 14.174 W/dia).

Bomba de reciclagem do lodo (potência de 10 HP trabalhando 8h = 59.680 W/dia).

Total de 477.812 W/dia

O mesmo levantamento foi elaborado para estação de reciclagem de calcário e cromo. Com base neste levantamento encontrou-se a proporção de cada estação. Considera-se que do total de energia gasta nos equipamentos seja 69% para ETE.

Sabe-se que há um consumo de energia de 125.000 kWh/mês e que 2/3 da energia gasta são dos aeradores.

Com isso conclui-se que: $125.000/30 = 4.167$ kWh/dia; 2/3 dessa energia são aeradores = 2.778 kWh/dia; os outros 1/3 são rateados entre as estações. A ETE consome 69%, ou seja, 964 kWh/dia. Esse consumo de 964 kWh/dia mais o consumo dos aeradores de 2.778 kWh/dia é o total da energia elétrica gasta na ETE, ou seja, 3.750 kWh/dia. Considera-se no ano 1.350.000 kWh/ano ($3.750 \times 30 \times 12$). O equivalente a $4,86 \times 10^{12}$ J/ano ($1,35 \times 10^6 \times 3,60 \times 10^6$).

Total de eletricidade = $4,86 \times 10^{12}$ J/ano.

9. Trabalho Humano

Considera-se que para operar a ETE são necessários 6 funcionários trabalhando 8 horas por dia durante 230 dias. ($6 \times 8 \times 230$) = 11.040 h/ano.

Cada pessoa gasta 2.500 kcal por dia. Para 11.040 h/ano serão necessárias 1.150.000 kcal/ano ($11.040 \times (2.500 / 24)$). As 1.150.000 kcal/ano equivalem a $4,81 \times 10^9$ J/ano ($1.150.000 \times 4.186$).

Total de mão-de-obra = $4,81 \times 10^9$ J/ano.

10. Produtos Químicos

Sulfato de Manganês: Segundo Class e Maia [23] é utilizado de sulfato de manganês 70 mg/L de efluentes, estoque para 2 dias. Considera-se que há uma quantidade de 675.000 L de efluentes. Serão necessários 47.250 g/dia de Sulfato de Manganês estoque para 2 dias ($675.000 \text{ L} \times 0,07$). Para um dia serão utilizados 23.625 g/dia. Durante 260 dias utilizam-se $6,14 \times 10^6$ g/ano.

Total de sulfato de manganês = $6,14 \times 10^6$ g/ano.

Sulfato de alumínio: Segundo Class e Maia [23] é utilizado de sulfato de alumínio 200 mg/L de efluentes, estoque para 1 dia. Considera-se que há uma quantidade de 675.000 L de efluentes. Serão necessários 135.000 g/dia de Sulfato de Alumínio (675.000 L x 0,2). Durante 260 dias utilizam-se $3,51 \times 10^7$ g/ano.

Total de sulfato de alumínio = $3,51 \times 10^7$ g/ano

Polieletrólito: Segundo Class e Maia [23] é utilizado de polieletrólito 1 mg/L de efluentes, estoque para 1 dia. Considera-se que há uma quantidade de 675.000 L de efluentes. Serão necessários 675 g/dia de polieletrólito (675.000 L x 0,001). Durante 260 dias utilizam-se $1,76 \times 10^5$ g/ano.

Total de polieletrólito = $1,76 \times 10^5$ g/ano

11. Chuva

Considerou-se que:

Climatologia de precipitação do ano no RS = 1348 mm/ano [25]

O tanque de homogeneização e o tanque de lodo ativado por aeração recebem água da chuva. O tanque de homogeneização possui 200 m² de área e o tanque de lodo ativado possui 720 m².

Um metro cúbico equivale a $4,90 \times 10^6$ J.

Conclui-se que o tanque de homogeneização recolhe 269,6 m³ de água da chuva (1348 x 200 / 1000) e que o tanque de lodo ativado recolhe 970,56 m³ de água da chuva (1348 x 720 / 1000)

O equivalente em J de:

Tanque de homogeneização = $1,32 \times 10^9$ J/ano (269,6 x $4,90 \times 10^6$)

Tanque de lodo ativado = $4,76 \times 10^9$ J/ano (970,56 x $4,90 \times 10^6$)

Total de água da chuva recolhida nos tanques = $6,08 \times 10^9$ J/ano

Anexo O – Notas de Cálculos para a Tabela 24

1. Produtos Químicos

Sulfato de Manganês: Segundo Class e Maia [23] é utilizado de sulfato de manganês 70 mg/L de efluentes, estoque para 2 dias. Considera-se que há uma redução de 75.000 L/dia de efluentes quando se faz a reciclagem. Serão economizados 5.250 g/dia de Sulfato de Manganês estoque para 2 dias (75.000 L x 0,07). Para um dia serão economizados 2.625 g/dia. Durante 260 dias economizam-se 682.500 g/ano.

Total de sulfato de manganês economizado = $6,83 \times 10^5$ g/ano

Sulfato de alumínio: Segundo Class e Maia [23] é utilizado de sulfato de alumínio 200 mg/L de efluentes, estoque para 1 dia. Considera-se que há uma redução de 75.000 L/dia de efluentes quando se faz a reciclagem. Serão economizados 15.000 g/dia de Sulfato de Alumínio (75.000 L x 0,2g). Durante 260 dias economizam-se 3.900.000 g/ano.

Total de sulfato de alumínio economizado = $3,90 \times 10^6$ g/ano

Polieletrólito: Segundo Class e Maia [23] é utilizado de polieletrólito 1 mg/L de efluentes, estoque para 1 dia. Considera-se que há uma redução de 75.000 L/dia de efluentes quando se faz a reciclagem. Serão economizados 75 g/dia de polieletrólito (75.000 L x 0,001). Durante 260 dias economizam-se 19.500 g/ano.

Total de polieletrólito economizado = $1,95 \times 10^4$ g/ano

2. Oxigênio

Total de oxigênio necessário para o sistema sem reciclagem = $5,12 \times 10^8$ g/ano.

Total de oxigênio necessário para o sistema com reciclagem = $3,12 \times 10^8$ g/ano.

Sobrecarga de oxigênio evitada com unidades de reciclagem = $2,00 \times 10^8$ g/ano.

Anexo P – Dados sobre os custos de implantação e operação de tratamento depurador de despejos industriais de curtume [23] p.463-488

Considerou-se um estabelecimento industrial cujas características operacionais produtivas são as indicadas a seguir:

- capacidade produtiva: 25.000 kg/dia;
- produto final: couros wet-blue;
- período de trabalho: 8 h/dia
- consumo de água no caleiro: 200 a 300%;
- consumo de Na_2S no caleiro: 3%
- consumo de água no píquel e curtimento: 80 a 100%;
- consumo de cromossal no curtimento: 8%
- vazão diária de efluente: 750 m³/dia
- área disponível a implantação dos sistemas de reciclagens e depuração: sem restrição

DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES DE RECICLAGENS E DO TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS PROPRIAMENTE DITO.

Unidade de reciclagem dos banhos de caleiro

Aqui são relacionados os tanques e equipamentos existentes na unidade proposta.

- Tanque de coleta e distribuição dos banhos residuais de caleiro:
 - volume útil (m³): 75 (com base em 25.000 kg pele/dia e 300% de água);
 - dimensões (m): 5 x 5 x 3,5 (altura útil 3 m);
 - aspectos construtivos: em concreto escavado no solo.

- Agitador para o tanque de coleta e distribuição dos banhos residuais de caleiro:
 - potência (HP): 4 (com base em 40 W/m³), sendo 1 HP = 746 W;
 - tipo de agitador de eixo vertical e braços em aço inoxidável, paletas de madeira tratada contra absorção de água, sistema moto-redutor para 8 rpm;
 - acionamento: via bóia de nível instalada a 1 m do fundo do tanque de coleta.

- Bomba de distribuição dos banhos residuais de caleiro:
 - vazão (m³/h): 10 (com base em 7,5 h/dia de distribuição);
 - potência (HP): 3;
 - tipo: helicoidal de cavidade progressiva, estágio de pressão único (6 bar);
 - nº de unidades: 1 + 1 sobressalente;
 - acionamento: via bóia de nível instalada a 1m do fundo do tanque de coleta.

- Peneiramento dos banhos residuais do caleiro:
 - vazão de peneira (m³/h): 10 (com base na vazão da bomba de distribuição);

- espaçamento das fendas (mm): 2 a 3;
 - tipo: corpo e perfil peneirante em aço inoxidável, tipo peneira hidrodinâmica ou estática inclinada.
- Sedimentador dos banhos residuais de calcário recicláveis:
 - área transversal mínima de sedimentação (m²): 8,7 (com base na vazão de 10 m³/h e taxa de aplicação adotada de 1,15 m³/m² h);
 - tempo de retenção (h): 2 (cerca de);
 - dimensões do prisma (m): 3,0 x 3,0 x 2,2;
 - volume do prisma (m³): 19,8;
 - inclinação de fundo: 60°;
 - dimensões da pirâmide (m): 3,0 x 3,0 x 2,6;
 - volume da pirâmide (m³): 7,8;
 - aspectos construtivos: em concreto escavado no solo.
 - Bomba de descarte do lodo de calcário:
 - vazão (m³/h): 50 (com base em 33% de lodo sobre o volume do banho reciclado, ou seja, 25 m³/dia, descartados 3 min/h, 10 h/dia);
 - potência (HP): 12,5
 - tipo: helicoidal de cavidade progressiva, um estágio de pressão, (6 bar);
 - acionamento: manual por contador;
 - nº de unidades: 1 + 1 sobressalente.
 - Tanque de estocagem do banho de calcário recuperado.
Obs: idêntico ao tanque de coleta e distribuição.
 - Bomba de recalque para retorno do banho de calcário recuperado:
 - similar à bomba de distribuição dos banhos residuais do calcário, com acionamento manual por contador.

Unidade de reciclagem de insumo cromo (banho de curtimento)

- Tanque de coleta e distribuição dos banhos residuais do piquel/curtimento:
 - volume útil (m³): 27 (com base em 25.000 kg/dia e 100% de água, considerando-se reciclagem de banhos de curtimento de couro flor e raspa);
 - dimensões (m): 3 x 3 x 3,5 (altura útil 3 m);
 - aspectos construtivos: em concreto escavado no solo.
- Agitador para o tanque de coleta e distribuição dos banhos de piquel e curtimento:
 - potência do agitador (HP): 1,5 (com base em 40W/m³);
 - tipo: agitador de eixo vertical e braços em aço inoxidável, paletas de madeira tratada contra absorção de água, sistema moto-redutor para 8 rpm;

- acionamento: via bóia de nível instalada a 1 m do fundo do tanque de coleta.
- Bomba de distribuição dos banhos residuais de piquel e curtimento:
 - vazão (m^3/h): 10 (com base em 2 h 30 min como período de filtração + 30 min para carga e descarga, 3 filtrações diárias e 100% sobre a vazão média, adotada como vazão de pico);
 - potencia (HP): 3;
 - tipo: helicoidal de cavidade progressiva, um estágio de pressão (6 bar);
 - nº unidades: 1 + 1 sobressalente;
 - acionamento: via controladores de níveis máximo e mínimo instalados no tanque de precipitação posterior ao peneiramento.
- Peneiramento dos banhos:
 - vazão da peneira (m^3/h): 10 (com base na vazão da bomba de distribuição);
 - espaçamento das fendas (mm): 1;
 - tipo: corpo e perfil peneirante em aço inoxidável, tipo peneira hidrodinâmica ou estática inclinada.
- Tanque de precipitação do hidróxido de cromo:
 - volume útil (m^3): 5 (com base em 30 min de retenção sobre a vazão da bomba de distribuição);
 - dimensões (m): 2 x 2 x 1,5 (altura útil 1,25 m);
 - aspectos construtivos: em concreto sobre o piso.
- Agitador para o tanque de precipitação:
 - potencia (HP): $\frac{3}{4}$ (com base em 112 W/ m^3 para agitação rápida);
 - tipo: agitador de eixo vertical e hélice em aço inoxidável, 1.750 rpm;
 - acionamento: idêntico ao da bomba de distribuição dos banhos residuais do piquel e curtimento.
- Tanque de solução precipitante de hidróxido de sódio:
 - volume útil (m^3): 5 (com base em cerca de 0,5 a 1,0 kg/NaOH/kg Cr_2O_3 , 4 kg de Cr_2O_3/L no despejo e estoque para 5 dias/semana de trabalho com solução a 10% de NaOH);
 - dimensões (m): 2 x 2 x 1,5 (altura útil 1,25 m);
 - aspectos construtivos: em concreto sobre o piso.
- Agitador para dissolução do hidróxido de sódio:
 - potencia (HP): $\frac{3}{4}$, similar ao do tanque de precipitação;
 - tipo: agitador de eixo vertical em aço inoxidável, 1750 rpm;
 - acionamento: manual por contador.
- Bomba dosadora de solução de hidróxido de sódio:

- vazão (m³/h): 0,4 (com base em 0,5 m³ de solução por ciclo de filtragem, com 2 h 30 min + 30 min para carga e descarga do ciclo, adotou-se como vazão de pico, 100% da vazão média);
 - potencia (HP): 1/3;
 - nº de unidades: 2;
 - tipo: centrífuga;
 - acionamento: via chamada conforme controle acoplado ao peagametro.
- Peagametro de chamada à bomba dosadora de solução precipitante de hidróxido de sódio:
 - tipo: monitor de pH ou redox com dois níveis de alarme ajustáveis independentemente, para montagem de campo.
- Filtro-prensa para desitração do precipitado de cromo:
 - volume ou capacidade do filtro-prensa (l): 133 (com base em 4 g Cr₂O₃/L, 25 m³/dia de banho residual, 25% secos nas tortas e 3 filtrações diárias);
 - tipo: filtro-prensa de câmara de 25 mm de espessura de torta e area de 630 mm x 630 mm, 20 camaras de 6,67 l/câmara , equipado com bomba de alimentação tipo helicoidal de cavidade progressiva, pressão ate 15 bar, nekulit, madeira aço inoxidável ou alumínio.
- Tanque de redissolução do precipitado de cromo:
 - volume útil (m³): 1 (com base em 400 l de volume de tortas/dia + 75 l H₂SO₄/dia a partir de um consumo de 1,3 kg H₂SO₄/kg CR₂O₃ e massa especifica do H₂SO₄ de 1,8 kg/l);
 - nº de unidades: 2 (trabalhando alternadamente dia a dia);
 - dimensões (m): 0 = 1; h = 1,5;
 - aspectos construtivos: em fibra de vidro sobre o piso.
- Agitador para redissolução do precipitado de cromo:
 - potencia (HP): 1/3 (com base em 250 W/m³ para agitação rápida);
 - tipo: vertical de eixo vertical e hélice em aço inoxidável;
 - nº de unidades: 2;
 - acionamento: manual por contador.
- Bomba de recalque para retorno do liquor de cromo recuperado:
 - similar à bomba de distribuição dos banhos de piquel/curtimento com acionamento manual por contador.

Sistema de tratamento principal de efluentes líquidos (sistema primário e secundário)

- Peneiramento dos banhos residuais:
 - vazão da peneira (m³/h): 120 m³/h (com base em 200% da vazão de projeto (40 m³/h) sobre 750 m³/dia, a partir de 30 l/kg peles e 25.000 kg peles/dia);
 - diâmetro dos furos (mm): 2 a 3;

- tipo: autolimpante com braços raspadores acoplados a sistema motor/motor-reductor de 1 HP a 4 rpm, corpo peneirante em aço inoxidável;
 - acionamento: manual por contador.
- Tanque de homogeneização dos banhos residuais:
 - volume útil (m³): 600 (adotou-se dia de retenção de cerca de 19 h sobre o volume total diário dos despejos);
 - dimensões (m): 10 x 20 x 3,5 (altura útil 3 m);
 - aspectos construtivos: em concreto, escavado no solo.
- Sistema de mistura e aeração dos banhos do tanque de homogeneização:
 - potencia requerida (HP): 20 (com base em 25 W/m³ ao volume máximo e 75 W/ m³ ao volume mínimo: 1/3 volume útil);
 - potencia dos aeradores (HP): 10;
 - nº de unidades: 2 + 1 sobressalente;
 - tipo: aeradores rápidos superficiais flutuantes;
 - acionamento: manual por contadores.
- Bomba de equalização da vazão dos banhos residuais:
 - vazão (m³/h): 40 (com base em 19 h/dia de tratamento);
 - potencia (HP): 10;
 - tipo: helicoidal de cavidade progressiva, um estagio de pressão ou 6 bar;
 - nº de unidades: 1 + 1 sobressalente;
 - acionamento: via bóia de nível instalada a 1 m do fundo do tanque de equalização.
- Tanque de coagulação:
 - volume útil (m³): 5 (com base em 0,125 h de retenção hidráulica sobre a vazão da bomba de equalização);
 - dimensões (m): 2 x 2 x 1,5 (altura útil 1,25 m);
 - aspectos construtivos: em concreto sobre o solo.
- Tanque de floculação:
 - volume útil (m³): 10 (com base em 0,25 h de retenção hidráulica sobre a vazão da bomba do tanque de homogeneização);
 - dimensões (m): 2,5 x 2,5 x 1,9 (altura útil 1,6m);
 - aspectos construtivos: em concreto sobre o solo.
- Tanque de solução de sulfato de manganês (MnSO₄.H₂O):
 - função: agente catalisador da reação de oxidação do sulfeto residual;
 - volume útil (m³): 4 (com base na utilização de 70 mg/l de MnSO₄.H₂O, equivalente a 20 mg/l de Mn⁺⁺ a 26% de pureza em uma solução a 10% e estoque máximo para dois dias de trabalho);
 - dimensões (m): 2,0 x 2,0 x 1,4 (altura útil 1,0 m);
 - aspectos construtivos: em concreto sobre o solo.

- Tanque de solução de sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$):
 - função: coagulação química;
 - volume útil (m^3): 1,5 (com base na utilização de 200 mg/l ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) do produto comercial em uma solução a 10% e estoque máximo diário);
 - dimensões (m): 1,3 x 1,3 x 1,2 (altura útil 0,9 m)
 - aspectos construtivos: em concreto sobre o solo.

- Tanque de solução de polieletrólito:
 - função: floculação química;
 - volume útil (m^3): 0,75 (com base na utilização de 1 mg/l de polieletrólito em uma solução de a 0,1% e estoque máximo diário);
 - dimensões (m): 1,0 x 1,0 x 1,0 (altura útil 0,75 m);
 - aspectos construtivos: em concreto sobre o solo ou tanque de fibro-cimento de 1000 l disponível no mercado.

- Agitadores para tanques de coagulação, floculação e estocagem de soluções:
 - Tanque de coagulação:
 - . potência requerida (HP): $\frac{3}{4}$ (com base em 112 W/ m^3 para agitação rápida);
 - . acionamento: por bóia de nível;
 - . tipo: agitador de eixo vertical em aço inoxidável.
 - Tanque de sulfato de manganês:
 - . potência requerida (HP): 0,5 com agitação rápida;
 - . acionamento: por contator;
 - . tipo: agitador de eixo vertical em aço inoxidável.
 - Tanque de sykfati de alumínio:
 - . potência requerida (HP): $\frac{1}{3}$ com agitação rápida;
 - . acionamento: por contator;
 - . tipo: agitador de eixo vertical em aço inoxidável.
 - Tanque de polieletrólito:
 - . potência requerida (HP): $\frac{1}{3}$ com agitação rápida;
 - . acionamento: por contator;
 - . tipo: agitador de eixo vertical em aço inoxidável.
 - Tanque de floculação:
 - . potência requerida (HP): 1,5 (com base em 112 W/ m^3 para agitação lenta);
 - . acionamento: conjugado com o acionamento do agitador do tanque de coagulação;
 - . tipo: agitador de eixo vertical em aço inoxidável.

- Bomba dosadora de soluções:
 - período de tratamento (h/dia): 19;
 - vazão da bomba: regulável de 0 a 120 l/h;
 - potência (HP): 0,5;
 - tipo: bomba dosadora de diafragma com 6 vias de dosagem;

- acionamento: via bóia instalada ao tanque de coagulação.
- Sedimentador primário:
 - volume útil (m³): 88 (com base em 1 m³/m² .h sobre a vazão da bomba de equalização e 2m de altura ou 2 h como tempo de retenção);
 - dimensões (m): 0 = 7,5 h = 2 (inclinação de fundo 7%);
 - tipo: circular, alimentação central, escoamento final periférico, extração de lodo pelo fundo ao poço de lodo, provido de raspador de lodo e flotador tipo metade de ponte mecanizada: 1/3 HP;
 - aspectos construtivos: em concreto escavado no solo.
- Tanque de condicionamento do lodo:
 - volume útil (m³): 27 (com base em 0,1 kg sólidos/kg peles a 97% de umidade e 3 filtrações diárias);
 - dimensões (m): 3 x 3 x 3,5 (altura útil 3 m);
 - aspectos construtivos: em concreto escavado no solo.
- Agitador para o tanque de condicionamento de lodo:
 - potência do agitador (HP): 2,0 (com base em 55 W/m³);
 - tipo: agitador de eixo vertical e braços em aço inoxidável, paletas em madeira tratada contra absorção de água, sistema moto-redutor para 8 rpm;
 - acionamento: manual por contator.
- Prensa desaguadora para o lodo proveniente da planta depuradora:
 - vazão ou capacidade da prensa desaguadora (m³/h): 15 (com base em 0,1 kg de matéria seca/kg de pele processada chega-se, no máximo, a 85 m³ de lodo diário com 3% de matéria seca, serão necessárias em torno de 6 horas de operação contínua, fora a preparação e lavagem da tela contínua);
 - tipo: filtro prensa de esteira contínua;
 - largura útil da esteira (mm): 2000;
 - capacidade máxima por turno (8 h): 120 m³.
- Tanque de lodo ativado por aeração prolongada (reator aeróbico):
 - volume útil (m³): 2150 (com base na carga volumétrica limite entre aeração prolongada e baixa carga de 0,35 kg DBO₅/ m³.dia, 750 m³ de efluente por dia e cerca de 1000 mg/l de DBO₅ afluente ao reator aeróbico);
 - dimensões (m): 20,0 x 36,0 x 3,5 (altura útil 3,0 m);
 - aspectos construtivos: em concreto escavado no solo.
- Sistema de aeração para o reator aeróbico:
 - potência requerida (HP): 100 (com base na densidade de potencia de 35 W/m³, 2,0 kg O₂/kg DBO₅, 95% de abatimento na DBO₅ afluente, e 1,4 kg O₂/HP.h);
 - potência por aerador (HP): 25;
 - número de unidades: 4 + 1 sobressalente;
 - tipo: aeradores lentos (baixa rotação) flutuantes;

- acionamento: manual por contator.
- Tanque para desnitrificação (reator anóxico):
 - volume útil (m³): 160 (com base em 2 h de tempo de retenção hidráulico da vazão combinada da alimentação de efluente + reciclo de lodo e desconsiderando o volume proveniente de fonte extra de carbono);
 - dimensões (m): 7,0 x 7,0 x 3,6 (com altura útil de 3,25 m);
 - aspectos construtivos: em concreto escavado no solo;
 - condições necessárias ao reator: não fornecimento de oxigênio.
- Sistema de mistura do tanque para desnitrificação:
 - características: misturador de alta rotação, submerso para evitar fornecimento de oxigênio;
 - potência requerida (HP): 8 (com base em uma densidade de potencia compreendida entre 35 e 40 W/m³);
 - número de unidades: 2 + 1 sobressalente;
 - tipo: misturadores submersos anóxicos;
 - acionamento: manual, por contator.
- Sedimentador secundário:
 - volume útil (m³): 200 (adotando-se 0,5 m³/m².h conforme tabela nº 31 da seção 4.11, em relação a vazão horária de alimentação no reator aeróbico, 40 m³/h aproximadamente, para 19 h/dia de trabalho e uma altura útil de 2,5 m, assim, chega-se a um tempo de retenção hidráulico de 2 h 30 min aproximadamente);
 - dimensões (m): diâmetro - 16,0; altura útil - 2,0 m com 7% de inclinação de fundo;
 - aspectos construtivos: em concreto escavado no solo;
 - tipo: circular com alimentação central e escoamento final periférico, provido de raspadores mecanizados de lodo e de material flotado do tipo meia ponte com motor de 1 HP. A extração de lodo se dá por intermédio de poço de lodo ao fundo do sedimentador, via bombeamento contínuo.
- Bomba de reciclagem do lodo:
 - vazão (m³/h): 40 (adotando reciclo de 100%);
 - potência (HP): 10;
 - tipo: helicoidal de um estagio;
 - número de unidades: 1 + 1 sobressalente;
 - acionamento: manual por contator.

Estimativa dos custos de obras civis

Unidade de reciclagem dos banhos de caleiro

- Tanque de coleta e distribuição dos banhos:
 - espessura das paredes (m): 0,15;

- volume de concreto (m³): 14,25;
- custo (US\$): 2,531.00

- Sedimentador dos banhos de calceiro recicláveis:
 - espessura das paredes (m): 0,25;
 - volume de concreto (m³): 10,50;
 - custo (US\$): 1,943.00

- Tanque de estocagem de banho recuperado:
 - espessura das paredes (m): 0,15;
 - volume de concreto (m³): 14,25;
 - custo (US\$): 2,531.00

Unidade de reciclagem do insumo cromo (banho de curtimento):

- Tanque de coleta e distribuição dos resíduos do piquel e curtimento:
 - espessura das paredes (m): 0,15;
 - volume de concreto (m³): 7,65;
 - custo (US\$): 1,306.00

- Tanque de precipitação do hidróxido de cromo:
 - espessura das paredes (m): 0,15;
 - volume de concreto (m³): 2,4;
 - custo (US\$): 407.00

- Tanque de solução de hidróxido de sódio:
 - espessura das paredes (m): 0,15;
 - volume de concreto (m³): 2,4;
 - custo (US\$): 407.00

- Tanque de redissolução do precipitado de cromo:
 - material empregado: fibra de vidro;
 - custo (US\$): 209.00

Sistema de tratamento principal de efluentes líquidos (sistemas primário e secundário)

- Tanque de homogeneização dos banhos residuais:
 - espessura das paredes (m): 0,25;
 - volume de concreto (m³): 102,50;
 - custo (US\$): 17,733.00.

- Tanque de solução de sulfato de manganês:
 - espessura das paredes (m): 0,10;
 - volume de concreto (m³): 0,8;
 - custo (US\$): 130.00.

- Tanque de coagulação:
 - espessura das paredes (m): 0,15;
 - volume de concreto (m³): 2,4;
 - custo (US\$): 407.00.

- Tanque de solução de sulfato de alumínio:
 - espessura das paredes (m): 0,15;
 - volume de concreto (m³): 2,3;
 - custo (US\$): 386.00.

- Tanque de solução de polieletrólito:
 - Material: tanque de fibro-cimento para 1000 l;
 - custo (US\$): 70.00.

- Tanque de floculação:
 - espessura das paredes (m): 0,15;
 - volume de concreto (m³): 3,8;
 - custo (US\$): 644.00.

- Sedimentador primário:
 - espessura das paredes (m): 0,25;
 - volume de concreto (m³): 26,0;
 - custo (US\$): 4,487.00.

- Tanque de condicionamento de lodo:
 - espessura das paredes (m): 0,15;
 - volume de concreto (m³): 7,65;
 - custo (US\$): 1,306.00.

- Tanque de lodo ativado (reator aeróbio):
 - espessura das paredes (m): 0,25;
 - volume de concreto (m³): 278,0;
 - custo (US\$): 48,625.00.

- Tanque para desnitrificação (reator anóxico):
 - espessura das paredes (m): 0,20;
 - volume de concreto (m³): 30,0;
 - custo (US\$): 5,190.00.

- Sedimentador secundário:
 - espessura das paredes (m): 0,25;
 - volume de concreto (m³): 79,2;
 - custo (US\$): 13,668.00

Nesta estimativa não estão incluídos os custos com tubulações, canaletas, eventuais grades e vertedouros que ocorram na planta proposta. Os totais são parcelados por unidade, a fim de proporcionar uma visão representativa de cada parcela no custo total.

- Unidade de reciclagem dos banhos de calceiro (US\$): 7,005.00
- Unidade de reciclagem do insumo cromo (US\$): 2,329.00
- Sistema de tratamento de efluentes líquidos principal (US\$): 92,646.00
- Custo Total das obras civis (US\$): 101,980.00.

Estimativas dos custos em equipamentos

Unidade de reciclagem dos banhos de calceiro

- Agitador para o tanque de coleta e distribuição dos banhos de calceiro, 4 HP, lento (US\$): 2,760.00.
- Bombas de distribuição e de recalque dos banhos de calceiro, 10 m³/h, helicoidal, três unidades (US\$): 13,125.00.
- Bóia de nível, 2 unidades (US\$): 3,687.00.
- Peneira hidrodinâmica, 10 m³/h (US\$): 6,337.00.
- Bomba de descarga do lodo, 50 m³/h, duas unidades (US\$): 22,924.00

Unidade de reciclagem do insumo cromo (banho de curtimento)

- Agitador para o tanque de coleta e distribuição dos banhos de piquel e curtimento, 1,5 HP, lento (US\$): 2,607.00;
- Bomba de distribuição dos banhos residuais de piquel e curtimento, 10 m³/h, helicoidal, duas unidades (US\$): 8,750.00;
- Peneira hidrodinâmica dos banhos de piquel e curtimento, 10 m³/h (US\$): 6,337.00
- Peagametro com sonda industrial de chamada a bomba dosadora de álcali, duas unidades (US\$): 6,470.00;
- Bomba dosadora de solução de álcali, duas unidades (US\$): 3,250.00;
- Agitadores para dissolução de álcali (Na OH, MgO, etc.) e para precipitação de hidróxido de cromo, ¾ HP, rápidas, duas unidades, sem a necessidade de um equipamento de reserva completo (US\$): 1,610.00;
- Filtro prensa para precipitado de cromo 630 mm x 630 mm, 20 câmaras (US\$): 54,900.00;
- Agitador para tanque de redissolução das tortas de cromo, 1/3 HP, rápido (US\$): 705.00;
- Bomba de recalque para retorno de liquor de cromo recuperado, 10 m³/h, helicoidal (US\$): 4,375.00

Sistema de tratamento principal de efluentes líquidos (sistemas primário e secundário)

- Peneira parabólica autolimpante para 120 m³/h e moto redutor de 1 HP para 4 rpm (US\$): 25,347.00;
- Sistema de aeração e mistura para o tanque de homogeneização, 20 HP, rápido, em aço inoxidável, três unidades (US\$): 67,760.00
- Bomba de recalque do efluente homogeneizado, 40 m³/h, helicoidal, duas unidades (US\$): 15,340.00;
- Bóias de nível, três unidades (US\$): 5,530.00;
- Agitador para o tanque de floculação, 1,5 HP, lento (US\$): 2,607.00;
- Agitador para o tanque de coagulação, ¾ HP, rápido (US\$): 1,350.00;
- Agitador para o tanque de solução de sulfato de manganês, 1,2 HP, rápido (US\$): 1,197.00;
- Agitador para o tanque de solução de sulfato de alumínio, 1/3 HP, rápido (US\$): 705.00;
- Agitador para o tanque de solução de polieletrólito, 1/3 HP, lento (US\$): 1,450.00;
- Ponte raspadora do sedimentador primário, 7,5 m de diâmetro e 2 m de coluna d'água (US\$): 43,500.00;
- Agitador para o tanque de condicionamento de lodo, 2,0 HP, rápido, duas unidades (US\$): 11,275.00
- Prensa desaguadora de lodo, 15 m³/h, com esteira filtrante de 2000 mm (US\$): 88,400.00;
- Sistema de aeração e mistura para o reator aeróbio (lodo ativado), 25 HP, lento, 5 unidades (US\$): 340,590.00;
- Bomba de reciclagem de lodo biológico, 40 m³ /h, helicoidal, duas unidades (US\$): 15,340.00;
- Agitador de reator de desnitrificação, anóxico, 8 HP, rápido, 3 unidades (US\$): 21,456.00
- Ponte raspadora do sedimentador secundário, 16,0 m de diâmetro e 2 m de coluna d'água (US\$): 73,500.00;

Parcelaram-se os custos por unidades de tratamento (reciclos e sistema depurador principal) os subtotais dos custos, para que seja facilitada a noção de proporcionalidade dos mesmos em relação ao custo total dos equipamentos.

- unidade de reciclagem dos banhos de caleiro (US\$): 48,833.00
- unidade de reciclagem do insumo cromo (US\$): 89,004.00
- Sistema de tratamento principal de efluentes líquidos (US\$): 715,347.00
- Custo total em equipamentos (US\$): 853,184.00

Outros custos associados a implantação

- Projeto básico completo do sistema referente aos despejos líquidos (informações preliminares da indústria, quantificação de resíduos, dimensionamento e complementos) (US\$): 8,000.00;
- Mão de obra de implantação (incluindo leis sociais) (US\$): 35,000.00;

- Tubulações e acessórios considerando diâmetro médio da linha principal 110 mm em PVC rígido (US\$): 30,000.00;
- Instalações elétricas (US\$): 25,250.00;
- Caminhão para transporte do resíduo sólido (US\$): 59,000.00;
- Treinamento de pessoal (ao nível de gerência, supervisão e 04 operadores, 80 h cada) (US\$): 9,300.00;
- Total de custos associados a implantação do sistema (US\$): 166,550.00.

Custo total de implantação

O custo total consta da soma dos três itens anteriores, ou seja, engloba os custos das obras civis, de equipamentos, excluindo a montagem dos mesmos, e vários custos associados à implantação. Também foi excluído o custo da área da terra necessária ao empreendimento, devido à grande diversidade de preços.

- Custo total de implantação (US\$): 1,121,714.00