

III-146 – ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA CENTRAL DE RESÍDUOS CORPORATIVA PARA UM GRUPO DE INDÚSTRIAS DO RAMO METAL MECÂNICO

Darlan Zardo Bassani⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade de Caxias do Sul. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho em andamento na Universidade de Caxias do Sul.

Neide Pessin

Bióloga pela universidade de Caxias do Sul. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP.

Endereço⁽¹⁾: Rua 24 de maio, 411 / ap.301 - Centro - Veranópolis - RS - CEP: 95330-000 - Brasil - Tel: (54) 9922-9226 - e-mail: darbassani@yahoo.com.br

RESUMO

Diante da necessidade de armazenamento temporário dos resíduos sólidos industriais, bem como de operações relativas a estes, há a possibilidade de implantação de medidas preventivas que proporcionem a minimização do impacto gerado.

A disponibilização de áreas para o processo produtivo é um fator importante para a definição de estratégias empresariais. A fim de adequar os aspectos citados, foi definida a análise de viabilidade de implantação de uma central de armazenamento de resíduos sólidos para um grupo de empresas do ramo metal mecânico. A mesma deve atender a adequações de exigência por parte de órgãos ambientais competentes, bem como proporcionar o armazenamento seguro e ambientalmente correto para os determinados resíduos.

As principais funções da central de resíduos corporativa, além do armazenamento seguro e correto dos resíduos, são: a eficiência dos processos empregados, ou seja, intensificar a quantidade de material a ser reciclado ou reprocessado, a possível melhoria das características dos resíduos enviados para co-processamento, além de reduções com custos de transporte e destinação, ou seja economia nas operações.

Sendo assim, o presente trabalho vem por analisar a viabilidade de implantação de uma central de resíduos corporativa, mediante o estudo de dois cenários elaborados.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de Resíduos, Central de Resíduos, Resíduos Industriais, Viabilidade, Indústria Metal Mecânica.

INTRODUÇÃO

Por muitos anos as questões ambientais não eram percebidas como parte do contexto organizacional das empresas, que eram vistas somente como instituições de geração de lucro, preocupadas somente em o que produzir, como produzir e para quem produzir.

Ao passar dos anos, as questões ambientais ganharam força, devido à evolução da legislação pertinente à área ambiental e ao alcance do tema na atualidade. As empresas preocupadas com as questões ambientais também se utilizam deste enfoque como marketing, agregando valor à imagem das mesmas e do produto com seus consumidores.

A reavaliação do processo produtivo, por parte das organizações comissão para uma estrutura ambientalmente correta, tem possibilitado a implantação de medidas que geram economia. Estas são possíveis devido à implantação de ações de produção limpa e reaproveitamento dos resíduos, beneficiando e contribuindo para a melhoria dos processos.

A indústria metal mecânica é uma das principais atividades que contribui para o desenvolvimento socioeconômico do país, além de que, segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres (BRASIL, 2006), o modal rodoviário representa cerca de 61% da matriz de transporte brasileira. Devido a isto, a indústria metalúrgica de implementos rodoviários vem se expandindo e modernizando de forma intensa, o pequeno e

antigo portfólio de implementos ganhou novos produtos, com variações de cores e novas tecnologias. Estes são produzidos com a manufatura de metais, por exemplo, aço carbono e alumínio.

Observa-se que o setor de implementos rodoviários demonstra um grande potencial de crescimento. Desta forma, as empresas estão constantemente implementando novas tecnologias ao seu parque industrial e seus insumos. Em virtude deste desenvolvimento, torna-se indispensável que a atividade seja desempenhada de forma segura e saudável, tanto do ponto de vista da saúde humana, quanto da proteção ambiental, sendo que o controle da geração de resíduos sólidos, líquidos e atmosféricos deve ser efetivamente realizado e adequado às exigências legais.

Portanto, dentro dos aspectos ambientais acima citados, os resíduos sólidos devem ser especialmente analisados, já que devemos levar em conta que a grande maioria dos processos produtivos industriais não possui um aproveitamento integral de insumos e matérias-primas. Com isso, faz-se necessário o armazenamento temporário, ou mesmo inúmeras operações intermediárias para que posteriormente os resíduos sejam encaminhados à destinação. Inseridos no tema armazenamento, também devem ser analisados a coleta e o transporte destes resíduos, uma vez que estes compõem etapas essenciais para a estruturação ambiental de uma organização.

Por se tratar de geração a partir do processo industrial, o controle e as operações dos resíduos devem ser realizados pela fonte geradora, ou seja, a empresa geradora tem total responsabilidade com o resíduo, desde sua geração até sua destinação final. Portanto, uma organização ambientalmente correta deve prezar pela prevenção, efetuando medidas de controle e minimização dos impactos ambientais por ela gerados.

Diante da necessidade de armazenamento temporário dos resíduos sólidos industriais, bem como de operações relativas a estes, há a possibilidade de implantação de medidas preventivas que proporcionem a minimização do impacto gerado. Além disso, a disponibilização de áreas para o processo produtivo é um fator importante para a definição de estratégias empresariais. A fim de adequar os dois aspectos citados, é definida a elaboração de projeto de uma central de armazenamento de resíduos sólidos para um grupo de empresas do ramo metal mecânico. A mesma deve atender a adequações de exigência por parte de órgãos ambientais competentes, bem como proporcionar o armazenamento seguro e ambientalmente correto para os determinados resíduos. Além disso, almeja-se implantação de sistemas que possibilitem operações visando economia, decorrentes da otimização dos sistemas de transporte ou destinação destes resíduos.

Além disso, o gerenciamento dos resíduos sólidos, gerados por um grupo de organizações, executado de modo independente dificulta a implantação de centrais que possuam a completa adequação legal, o controle de aspectos e impactos ambientais e as operações executadas com os resíduos para posterior envio à destinação. A implantação da Central de Resíduos Corporativa está estruturada a partir de três verificações básicas: disponibilização de área ao processo produtivo, armazenamento seguro e ambientalmente correto dos resíduos sólidos e possibilidades tecnológicas para obtenção de economia através de operações destes.

METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada foi constituída de diagnóstico inicial da situação das empresas do grupo empresarial, evidenciando os resíduos classes I e II gerados a partir de seus processos produtivos. Com base nos objetivos e metas empresariais, além dos impactos relativos ao armazenamento incorreto, foram definidos os resíduos a serem contemplados no armazenamento na central de resíduos corporativa, bem como o método de coleta e transporte a ser utilizado, interna e externamente.

Posteriormente, foi elaborado o sistema proposto, que visa a centralização dos resíduos passíveis de operacionalização para obtenção de melhorias ao processo de armazenamento e envio à destinação final, além do armazenamento ambientalmente correto de resíduos gerados nos processos produtivos do grupo de empresas caracterizado. Além disso, foram definidas as tecnologias a serem empregadas, tanto na parte estrutural do projeto, quanto aos equipamentos empregados, tais como de movimentação, separação de materiais e redução de volumes.

RESULTADOS OBTIDOS

O gerenciamento dos resíduos sólidos, gerados por um grupo de organizações, executado de modo independente dificulta a implantação de centrais que possuam a completa adequação legal, o controle de aspectos e impactos ambientais e as operações executadas com os resíduos para posterior envio à destinação. A implantação da Central de Resíduos Corporativa está estruturada a partir de três verificações básicas: disponibilização de área ao processo produtivo, armazenamento seguro e ambientalmente correto dos resíduos sólidos e possibilidades tecnológicas para obtenção de economia através de operações destes.

O sistema proposto visa a centralização dos resíduos passíveis de operacionalização para obtenção de melhorias ao processo de armazenamento e envio à destinação final, além do armazenamento ambientalmente correto de resíduos gerados nos processos produtivos do grupo de empresas caracterizado.

Em contrapartida ao sistema atualmente utilizado, a implantação de centrais de armazenamento adequadas às características dos resíduos e às normas técnicas evidencia a preocupação ambiental de uma organização, a qual é totalmente responsável pelo seu resíduo, desde sua geração até a destinação final. Assim, com a modernização de técnicas e métodos, foram desenvolvidas tecnologias que possibilitam o aumento de eficiência na segregação de materiais, a redução de volumes para transporte, bem como o atendimento a legislações que explanam sobre o correto armazenamento e manuseio dos resíduos industriais, de tal forma que impactos ambientais sejam minimizados e, principalmente, evitados.

COLETA E TRANSPORTE DOS RESÍDUOS

A definição de uma nova sistemática de coleta interna dos resíduos sólidos está embasada em uma maior limpeza e organização dos pátios externos, bem como em operação executada por operadores ambientais, que farão a coleta e o transporte interno dos resíduos, qualificados para a tarefa e que possam executar também controle da segregação dos resíduos *in loco*. Para tal etapa a definição proposta é a utilização de veículo trator, devido à intensa diferença de níveis dos terrenos das empresas, tracionando embalagens desenvolvidas especialmente para a coleta de resíduos.

A operação de transporte externo consiste no deslocamento dos resíduos das unidades geradoras até a central. Constitui no planejamento de rotas, traçados e definição de cronograma para as empresas, sendo impreterível que não afete o processo produtivo. As coletas devem ser realizadas conforme cronograma definido, o qual evidencia o acondicionamento diário e a frequência de coleta estabelecida.

CENTRAL DE RESÍDUOS

A definição da estrutura física da central de resíduos consiste na elaboração das etapas civis do projeto, ou seja, da implantação de construções, pavimentos e planos de atendimento a requisitos legais.

Foram definidas as dimensões, comprimento de 50 metros, largura de 36 metros e a altura de 9,0 metros e a pavimentação, ficando definido sistema de pavimentação inferior composto, ou seja, utilização de camadas de argila compactada e geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD). Assim, com a implantação de contenções para os resíduos líquidos contemplados e efluentes gerados em limpezas do local, atendendo as normas vigentes são atendidas.

Quanto aos equipamentos utilizados para o processamento dos resíduos gerados pelo grupo empresarial, e suas unidades de apoio, foram definidos, dimensionados e descritos no manual de operações as etapas: fosso de armazenamento; local de armazenamento dos resíduos; capacitação e documentações; plano de atendimento a emergências; grua alimentadora; abridor de sacos; separador magnético; triturador de resíduos; peneira rotativa; unidades de enfardamento e compactação e esteiras transportadoras.

ANÁLISE DE VIABILIDADE

Baseado no projeto de engenharia em proposição, neste capítulo é apresentado, de maneira integrada, a análise de viabilidade relativa aos aspectos técnico, ambiental e econômico.

A respeito da viabilidade técnica, diz-se que o projeto é tecnicamente viável quando é possível a implantação e operação de todos os itens evidenciados em sua proposição. Na análise econômica é efetuada a verificação dos benefícios em contrapartida aos custos, almejando-se que, durante a vida útil do projeto, os custos se igualem ou sejam inferiores aos benefícios.

Por se tratar de um projeto vinculado a temática ambiental, os aspectos econômicos e ambientais serão tratados conjuntamente. Diz-se que o projeto é viável ambientalmente quando ocorrem benefícios relacionados a qualidade ambiental, a utilização de recursos naturais e ao gerenciamento de resíduos gerados.

VIABILIDADE TÉCNICA

O projeto de engenharia em questão propõe a implantação, operação e manutenção de uma central de resíduos corporativa, além da logística de coleta interna dos resíduos e seu respectivo encaminhamento para a central. Assim, foram avaliados métodos, equipamentos e soluções para que, além de sua implantação, o projeto possa favorecer as diversas operações realizadas com estes resíduos, propondo-se a aquisição de dispositivos e equipamentos operacionais.

Com base no exposto, conclui-se que as proposições do projeto são compatíveis e viáveis tecnicamente.

VIABILIDADE AMBIENTAL E ECONÔMICA

Com a efetiva implantação do projeto proposto é possível evidenciar diversos benefícios no que se refere à qualidade ambiental e financeira do grupo empresarial englobado no projeto.

Para a análise das viabilidades ambiental e econômica, faz-se a verificação dos benefícios tangíveis e intangíveis, sendo respectivamente, aqueles que podem ser quantificados devido à receita ou economia e os que possuem dificuldade de mensuração, embora ocorra com clareza a sua existência.

Com relação aos benefícios intangíveis, pode-se citar a completa adequação as NBR 11.174 (ABNT, 1990), a qual evidencia as condições exigíveis para o armazenamento de resíduos classe II, inertes ou não inertes, e NBR 12.235 (ABNT, 1992), que estabelece as condições de forma a proteger ao ser humano e ao meio ambiente se tratando do armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Além disso, podemos citar os benefícios abaixo como não mensuráveis:

- Maior organização e limpeza dos pátios: com a retirada dos coletores dos pátios, restringe-se a possibilidade de resíduos ocasionalmente ficarem externamente aos coletores;
- Maior controle da segregação dos resíduos: com a operação sendo realizada por operadores ambientais, os locais de segregação incorretas serão mais facilmente identificáveis. Assim, além de ações macros, poderão ser executadas ações pontuais;
- Diminuição da emissão de gases poluentes, odores e ruídos: com a diminuição do volume dos resíduos, será necessária uma quantidade menor de transportes de resíduos para destinação final;
- Não exposição de resíduos a condições atmosféricas: com o atendimento as Normas Regulamentadoras acima citadas, os resíduos ficarão em locais devidamente adequados;
- Situações ergonômicas facilitadas pela operação mecanizada: as operações com resíduos ficarão mais simples e fáceis no que diz respeito ao seu manuseio, isto devido a aquisição de equipamentos específicos;
- Destaque para o grupo empresarial como modelo no gerenciamento de resíduos sólidos industriais: com a implantação do projeto proposto, a organização estará com um sistema inovador de gerenciamento de resíduos, sendo referência na prática.
- Visitas de benchmarking por parte de outras organizações: com a implantação do modelo, outras empresas terão interesse em visita e acompanhamento do sistema proposto, elevando o grupo ao um patamar de modelo de excelência em gerenciamento de resíduos industriais.

Para a análise econômica do projeto proposto serão considerados os custos diretos de implantação, operação e manutenção, além dos benefícios proporcionados. Assim, foram gerados dois cenários para a avaliação do empreendimento, sendo levantados os custos conforme Apêndice B – Orçamento, sendo analisados conforme segue.

O primeiro cenário diz respeito a realização das operações de coleta e transporte à central de resíduos corporativa através de equipamentos adquiridos, ou seja, não terceirizados. Além disso, contempla que todos os veículos industriais utilizados nas operações envolvidas neste projeto também sejam adquiridos.

O segundo cenário é relativo a terceirização do transporte das empresas do grupo à central, ou seja, terceirização deste processo. Também é considerada a locação dos veículos industriais utilizados em todas as operações envolvidas no projeto proposto.

Para avaliação primária dos cenários foi utilizado o método do Valor Presente Líquido (VPL), o qual consiste em um cálculo financeiro em que os valores dos fluxos de caixa futuros são trazidos para o presente considerando-se a taxa de juros vigente, tendo como base o fluxo de caixa e a relação custo-benefício. Para tanto, é considerado como vida útil do projeto proposto 25 anos, baseando-se no investimento inicial e nos equipamentos sugeridos.

O cálculo matemático utilizado para análise através do VPL é dado por:

$$\text{VPL} = (\text{Benefícios} \times \text{FVP}) - (\text{Custo} \times \text{FVP}) \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

FVP = Fator de valor presente.

O fator de valor presente (FVP) é obtido baseado no valor presente (VP) e o valor futuro (VF), sendo considerada uma taxa de juros i , o valor futuro após n períodos é calculado conforme segue:

$$\text{VF} = \text{VP} \times (1 + i)^n \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

VP = valor presente;

VF = valor futuro;

i = taxa de juros;

n = período de capitalização dos juros.

Portanto, o Fator de Valor Presente (FVP) passa a ser conhecido através da expressão:

$$\text{FVP} = \frac{1}{(1 + i)^n} \quad \text{equação (3)}$$

Para a análise envolvida, será empregada como taxa de juros a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) no valor de 5,00 % ao ano. Além disso, os custos de operação e manutenção e as receitas serão corrigidos pelo IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo), que nos últimos 12 meses (outubro/12 a outubro/13) está estimado em 5,86 % ao ano.

A utilização do IPCA foi definida por se tratar do índice oficial da inflação, além de considerar o reajuste nas principais regiões econômicas do país.

Como já apresentado anteriormente, a viabilidade ambiental e econômica de um projeto de engenharia, está diretamente ligada com a explanação de benefícios, sendo citados os tangíveis a partir deste momento.

No que diz respeito a disponibilidade de área para processos de produção, devido a retirada de coletores e áreas de armazenamento, serão 1.082,00 m² disponibilizados. Sendo que o m² fabril possui um valor estimado de R\$ 1.750,00, com base em evidências empresariais, a economia gerada é de R\$ 1.893.500,00 anuais.

Outro fator considerável para a implantação do projeto é a coleta de resíduos efetuada por operadores ambientais nas próprias linhas de produção. Desta maneira, não se tem a necessidade da saída da mão de obra

direta para encaminhamento de resíduos aos coletores externos. Estimando-se este tempo fora de atuação e o salário médio por hora dos funcionários, tem-se um ganho de R\$ 275.238,00 anuais.

A respeito de benefícios relativos a maiores quantidades de resíduos a serem destinados, foi considerada economia de 10% nos resíduos que geram despesas, com base em casos da empresa majoritária do grupo. Para os resíduos com valor de venda foi considerado aumento relativo ao resíduo em questão. Com estas ações a economia anual é de R\$ 74.845,55.

Devido à utilização do separador magnético, é possível a separação dos materiais metálicos do pó de varrição. Assim, estes materiais possuem uma destinação nobre, beneficiamento e volta para a cadeia produtiva, mesmo que gerando custos, porém muito menos onerosos que o co-processamento. Neste caso, é gerada uma economia de R\$ 121.075,30 anuais.

Além dos benefícios com destinação de resíduos, ocorre a redução de despesas no que diz respeito ao transporte após as operações na central. Sendo assim, foi considerada a realização mensal de um transporte a menos. Com isso, tem-se a economia anual de R\$ 130.149,00.

CENÁRIO 1

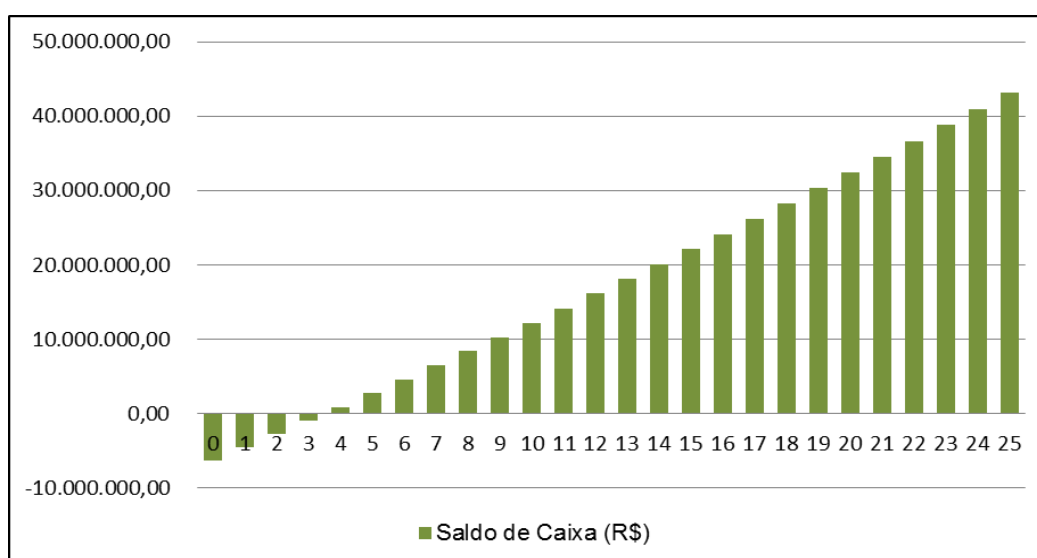
O cenário 1 analisa a viabilidade do projeto quanto a realização de transporte externo, das empresas à central corporativa, não terceirizado e aquisição de veículos industriais. O investimento inicial corresponde a R\$ 6.368.981,53 e seus custos de operação e manutenção são de R\$ 613.411,44, sendo estimados também os custos com energia elétrica e água.

As receitas anuais que provêm das diversas proposições de economia ou da venda de resíduos somam R\$ 2.494.807,85, cabendo ressaltar que está incluída a disponibilização de área para processos fabris.

Através dos dados levantados foi elaborada análise do Valor Presente líquido (VPL) e do fluxo de caixa, além disso, foi efetuado o levantamento do saldo de caixa ao longo dos 25 anos de vida útil do projeto, observando-se que as receitas se sobressaem em relação aos custos. Cabe ressaltar que o tempo zero representa o investimento inicial de implantação.

O saldo de caixa em valor presente líquido do cenário 1 pode ser observado na figura 1.

Figura 1 – Saldo de caixa em VPL do cenário 1



Fonte: O Autor (2013).

Verifica-se que o projeto possui um VPL superior a zero, concluindo-se que o mesmo é economicamente viável. Para o cenário, ao final dos 25 anos de vida útil, foi obtido um saldo de caixa positivo em valor presente de R\$ 43.118.252,04.

É importante salientar que todos os valores apresentados podem ser divididos pelas empresas que utilizarão a central de resíduos. Sabendo-se que a utilização se dará por sete empresas do grupo empresarial e um terceiro, para este cenário o valor individual de implantação é de R\$ 796.122,69 e dos custos de operação e manutenção em valor presente é de R\$ 76.676,43 anuais, ou seja, R\$ 6.389,70 mensais para cada empresa.

CENÁRIO 2

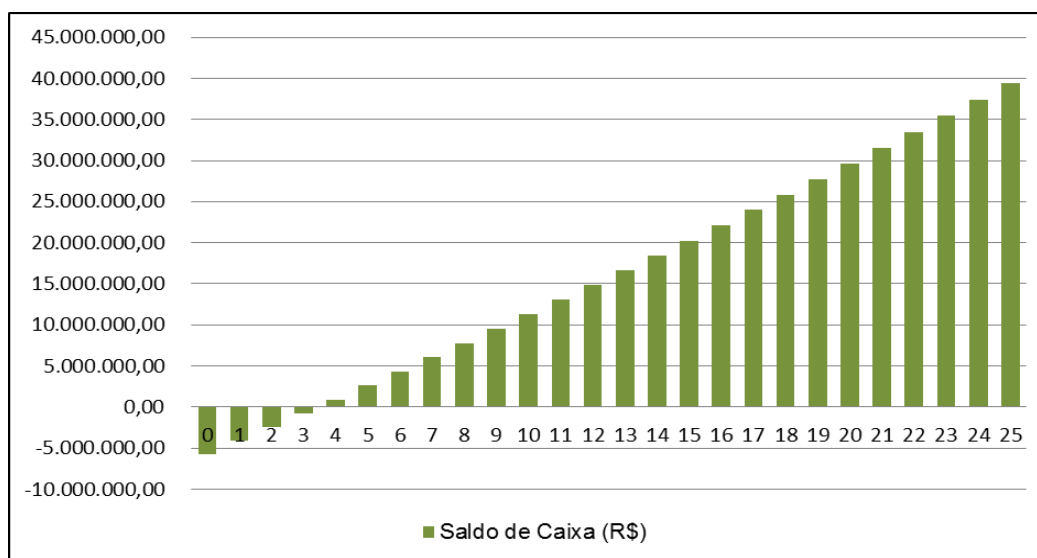
O cenário 2 analisa a viabilidade do projeto quando da terceirização do transporte entre as empresas e a central de resíduos, além de considerar que os veículos industriais serão locados. O investimento inicial corresponde a R\$ 5.694.297,53 e seus custos de operação e manutenção são de R\$ 778.969,53, sendo também estimados custos com água e energia elétrica.

A respeito dos valores envolvidos, as receitas anuais que provêm das propostas de economia ou da venda de resíduos somam R\$ 2.494.807,85, cabendo ressaltar que está incluída a disponibilização de área para processos fabris.

Através dos dados levantados foi elaborada análise do Valor Presente líquido (VPL) e do fluxo de caixa, além disso, foi efetuado o levantamento do saldo de caixa ao longo dos 25 anos de vida útil do projeto, observando-se que as receitas se sobressaem em relação aos custos. Cabe ressaltar que o tempo zero representa o investimento inicial de implantação.

O saldo de caixa em valor presente líquido do cenário 2 pode ser observado na figura 2.

Figura 2 – Saldo de caixa em VPL do cenário 2



Fonte: O Autor (2013).

Conclui-se que o projeto é economicamente viável, pois foi verificado que o mesmo possui um VPL superior a zero. Para o cenário, ao final dos 25 anos de vida útil, foi obtido um saldo de caixa positivo em valor presente de R\$ 39.385.256,48.

Salienta-se que os valores apresentados podem ser divididos pelas empresas que utilizarão a central de resíduos. Conforme já mencionado, a utilização se dará por sete empresas do grupo empresarial e um terceiro, sendo que para este cenário o valor individual de implantação é de R\$ 711.787,20 e dos custos de operação e manutenção em valor presente é de R\$ 97.371,20 anuais, ou seja, R\$ 8.114,27 mensais para cada empresa.

ANÁLISE GERAL

Com base na viabilidade efetuada e apresentada acima, observa-se que os dois cenários analisados são ambiental e economicamente viáveis. Para salientar isto, também foi realizada uma análise da relação

benefício-custo e da Taxa Interna de Retorno (TIR) dos cenários apresentados, sendo para o cenário 1 relação B/C de 2,92 e TIR de 29% e para o cenário 2 relação B/C de 2,51 e TIR de 29%.

Um projeto de engenharia é aceito se seus benefícios totais excedem seus custos totais, sendo a relação benefício-custo maior que um. Nos cenários apresentados, a relação é maior do que um, observando-se que no cenário 1, o qual avalia o transporte não terceirizado e a aquisição dos veículos industriais, possui a melhor relação B/C nos 25 anos de vida útil do projeto.

Com relação a análise de *payback*, obtém-se o retorno do investimento em, praticamente, 3,5 anos para ambos os cenários. Quanto a Taxa Interna de Retorno (TIR) com o valor obtido de 29% para ambos os cenários, novamente é verificada a viabilidade econômica, já que o valor é superior a qualquer taxa mínima de atratividade praticada no mercado.

Com base nos dados avaliados na análise de viabilidade, conclui-se que o melhor investimento está constituído no cenário 1, onde o transporte externo não é terceirizado e ocorrem aquisições de veículos industriais. Portanto, as proposições do projeto de engenharia em questão trazem benefícios ambientais e econômicos para as empresas do grupo empresarial, sendo o valor de investimento possível para o porte das empresas, além da central de resíduos possuir valores de manutenção relativamente baixos quando divididos pelos oito mantenedores desta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBERONI, V. G. et al. Gestão de resíduos industriais como facilitador da gestão do conhecimento e da otimização do processo produtivo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22, 2002, Curitiba. Anais eletrônicos. Curitiba: ENEGEP, 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR104_1000.pdf>. Acesso em 28 mar. 2013.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.500: identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro, ABNT, 2011.
3. _____. NBR 11.174: Armazenamento de Resíduos Sólidos Classes II – não inertes e III – inertes. Rio de Janeiro, 1990.
4. _____. NBR 12.235: Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos. Rio de Janeiro, 1992.
5. AZEVEDO NETTO, José Martiniano de; ARAUJO, Roberto de. Manual de hidráulica. 8.ed. São Paulo: E. Blücher, 1998. 669 p.
6. BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Resolução Nº 420, de 12 de fevereiro de 2004. Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.
7. SULLIVAN, Jeffrey W. et. al. The Place of the Trommel in Resource Recovery. Dallas, 1992.
8. TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. Integrated solid waste management: engineering principles and management issues. Boston, Mass.: McGraw-Hill, 1993. 978 p.5.