

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
MBA EM GESTÃO DE ATIVOS**

BÁRBARA DIAS MOREIRA

**ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA APLICADA A
DIFERENTES TIPOS DE DORMENTES UTILIZADOS EM FERROVIAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2020**

BÁRBARA DIAS MOREIRA

**ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA APLICADA A
DIFERENTES TIPOS DE DORMENTES UTILIZADOS EM FERROVIA**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista - MBA em Gestão de Ativos - do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa

CURITIBA

2020



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
MBA em Gestão de Ativos



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA APLICADA A DIFERENTES TIPOS DE
DORMENTES UTILIZADOS EM FERROVIA

por

BÁRBARA DIAS MOREIRA

Esta monografia foi apresentada em 03 de abril de 2020, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista - MBA em Gestão de Ativos - outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A aluna foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Paulo Daniel Batista de Sousa, Dr.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Wanderson Stael Paris, MSc.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

Resumo

MOREIRA, Bárbara Dias. **Análise do custo do ciclo de vida aplicada a diferentes tipos de dormentes utilizados em ferrovias.** 2020. 39 p. Monografia (MBA em Gestão de Ativos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

Dormente é um dos maiores custos de uma ferrovia e existem vários tipos, com diferentes custos e ciclos de vida. Por isso, como objetivo do presente trabalho é verificar qual a melhor alternativa de dormente para ser utilizado em uma ferrovia, considerando-se o custo do ciclo de vida de cada um dos tipos: aço, madeira de lei, eucalipto e concreto. Para tanto, a metodologia utilizada é de coleta de dados e pesquisa documental. Com estimativas de vida útil dos dormentes e das fixações e dos custos envolvidos em cada alternativa, foi possível definir o dormente ideal a ser utilizado considerando-se o período definido de 30 anos.

Palavras-chave: Dormente. Ciclo de vida. Fixações. Ferrovia.

ABSTRACT

MOREIRA, Bárbara Dias. **Análise do custo do ciclo de vida aplicada a diferentes tipos de dormentes utilizados em ferrovias.** 2020. 39 p. Monografia (MBA em Gestão de Ativos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

Tie is one of the biggest cost of a railroad and there are different types with different costs and life cycle. Because of this, the aim of this study is verify the best alternative of tie to be used on a railroad considering the life cycle cost of each type: steel, hardwood, eucalypt and concrete. The methodology used is data collection and documentary research. With the estimative of the life cycle and of the ties and the fastening and the costs involved in each alternative, is possible to define the best tie to use considering the period of 30 years

Key words: Tie. Life cycle cost. Fastening. Railroad.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Conjunto da estrutura da via permanente.....	11
Figura 2 - Trecho com dormentes de aço.....	12
Figura 3 - Trecho com dormentes de concreto monobloco.....	12
Figura 4 - Trecho com dormentes de madeira de lei.....	13
Figura 5 - Trecho com dormentes de eucalipto.....	13
Figura 6 - Projeto de dormente monobloco típico de base variável.....	21
Figura 7 - Árvore de custos de aquisição.....	24
Figura 8 - Árvore de custos de sustentação.....	24
Figura 9 - Fluxo de caixa da alternativa de utilização de dormente de madeira de lei.....	31
Figura 10 - Fluxo de caixa da alternativa de utilização de dormente de eucalipto.....	32
Figura 11 - Fluxo de caixa da alternativa de utilização de dormente de concreto.....	33
Figura 12 - Fluxo de caixa da alternativa de utilização de dormente de aço.....	34
Quadro 1 - Valores mínimos de propriedades dos dormentes de madeiras.....	18
Quadro 2 – Inflação anual e média da inflação entre 2000 e 2019.....	27
Quadro 3 – Vida útil, valor unitário e quantidade por quilômetro dos itens envolvidos na matriz de dormente de madeira de lei.....	29
Quadro 4 - Vida útil, valor unitário e quantidade por quilômetro dos itens envolvidos na matriz de dormente de eucalipto.....	29
Quadro 5 - Vida útil, valor unitário e quantidade por quilômetro dos itens envolvidos na matriz de dormente de concreto.....	30
Quadro 6 - Vida útil, valor unitário e quantidade por quilômetro dos itens envolvidos na matriz de dormente de aço.....	30
Quadro 7 – Cálculo dos custos atrelados à utilização de dormente de madeira de lei.....	31
Quadro 8 - Cálculo dos custos atrelados à utilização de dormente de eucalipto	32
Quadro 9 - Cálculo dos custos atrelados à utilização de dormente de concreto.....	33
Quadro 10 - Cálculo dos custos atrelados à utilização de dormente de aço.....	34
Quadro 11 – Resultado consolidado da aplicação do CCV.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
CCV	Custo do ciclo de vida
EFVM	Estrada de ferro Vitória a Minas
IPCA	Índice nacional de preços ao consumidor amplo
LCC	<i>Life cycle cost</i>
NBR	Norma brasileira
VPL	Valor presente líquido

LISTA DE ACRÔNIMOS

Selic	Sistema especial de liquidação de custódia
-------	--

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10	
1.1	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
1.3	JUSTIFICATIVAS	15
1.4	METODOLOGIA DE PESQUISA	15
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	DORMENTES	17
2.1	ASPECTOS GERAIS DE DORMENTAÇÃO FERROVIÁRIA	17
2.2	DORMENTE DE MADEIRA DE LEI	18
2.3	DORMENTE DE EUCALIPTO	20
2.4	DORMENTE DE AÇO	20
2.5	DORMENTE DE CONCRETO	21
2.6	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	22
3	REFERENCIAL TEÓRICO	23
3.1	CUSTO DO CICLO DE VIDA	23
3.1.1	Objetivo da análise do custo do ciclo de vida	23
3.1.2	Estimando o custo do ciclo de vida de um ativo	24
3.2	INDICADORES FINANCEIROS	25
3.2.1	Valor presente líquido (VPL)	25
3.2.2	Sistema especial de liquidação de custódia (SELIC)	26
3.2.3	Índice de preços ao consumidor amplo (IPCA)	26
3.3	SÍNTESE DO CAPÍTULO	27
4	APLICAÇÃO DO CCV	28
4.1	PREMISSAS	28
4.1.1	Atualização de preços	28
4.1.2	Custos envolvidos na utilização de dormente de madeira de lei	28
4.1.3	Custos envolvidos na utilização de dormente de eucalipto	29
4.1.4	Custos envolvidos na utilização de dormente de concreto	30
4.1.5	Custos envolvidos na utilização de dormente de aço	30
4.2	CÁLCULOS	31
4.2.1	Custo do ciclo de vida do dormente de madeira de lei	31
4.2.2	Custo do ciclo de vida do dormente de eucalipto	32
4.2.3	Custo do ciclo de vida do dormente de concreto	33
4.2.4	Custo do ciclo de vida do dormente de aço	34
4.3	SÍNTESE DO CAPÍTULO	35

5	CONCLUSÃO	36
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	37
	REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

Diante de uma constante busca das empresas por aumento em seu lucro e sem a possibilidade de aumento de preço final para o consumidor, a redução de custos torna-se a solução. Assim, intensifica-se a necessidade de análises econômicas voltadas à gestão dos ativos para apoio de forma estruturada à tomada de decisão em seus investimentos.

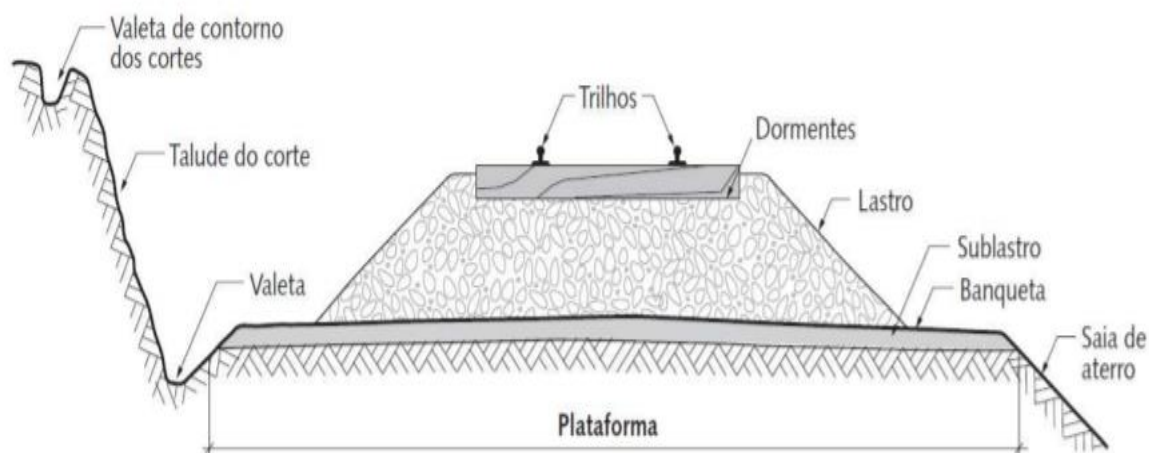
Muitas vezes, para aquisição de um ativo, se levado em conta apenas o seu custo inicial de compra, o seu custo total de propriedade pode acabar se tornando superior ao daquele com maior custo inicial, devido às despesas de manutenção e seu ciclo de vida.

Neste ponto, a equipe de engenharia pode suportar essa decisão através de uma metodologia de Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) ou, em inglês, *Life Cycle Cost* (LCC). A decisão deve ser tomada levando-se em conta mais do que apenas o preço inicial do ativo, ela deve considerar a soma total de todos os custos associados às sucessivas fases da vida útil prevista, incluindo design, desenvolvimento, produção, operação, manutenção, suporte e desmantelamento ou destinação final (EMBLEMSVÅG, 2003).

Para Brown e Yanuck (1985), o custeio do ciclo de vida pode ser definido como "um método de calcular o custo total da propriedade durante toda a vida útil de um ativo". Nessa conceituação, os autores supracitados consideram, assim como Emblemsvåg (2003), não apenas custo inicial, mas também todos os subsequentes custos esperados, significantes, assim como o valor residual e quaisquer outros benefícios quantificáveis a serem derivados. Consequentemente, Brown & Yanuck justificam que a técnica de análise do custo do ciclo de vida é utilizada quando houver uma decisão sobre compra de um ativo que exigirá substanciais custos de operação e manutenção durante sua vida útil.

Dadas essas questões previamente apresentadas, pode-se inferir que na ferrovia existem vários casos em que a análise do ciclo de vida pode ser aliada à redução de custos a longo prazo, dados os altos valores envolvidos aquisição de ativos.

Figura 1 - Conjunto da estrutura da via permanente



Fonte: NABAIS, 2014.

Em uma ferrovia, a via permanente é a denominação dada para o conjunto das camadas e elementos que permitem a passagem de trens, podendo ser dividida em infraestrutura e superestrutura. A infraestrutura refere-se à camada inferior de terraplanagem e tudo aquilo que está do sub-lastro para baixo. Acima do sub-lastro, tem-se a superestrutura, cujos principais componentes são os trilhos, brita (tamb, fixações e dormentes, sendo este último o objeto de pesquisa deste trabalho.

1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

O problema principal é o alto custo envolvido para substituição dos dormentes na ferrovia, dado o considerável volume existente e também as limitações técnicas que não permitem que diferentes tipos sejam intercalados. Ou seja, a dormentação deve ser feita à oito.

Em relação ao volume, em 12.000 km de ferrovia, no caso da empresa onde o estudo será implantado, são mais de 20 milhões de dormentes distribuídos em condições diferentes de via, no que diz respeito ao raio de curva, carga transportada, clima, dentre outros. Por isso, há a necessidade em considerar dormentes aplicados em condições semelhantes para que se possa compará-los.

Figura 2 - Trecho com dormentes de aço



Fonte: a autora (2020).

Na figura 2 é mostrado um trecho cujos dormentes utilizados são de aço e fixação modelo *fast clip*.

Figura 3 - Trecho com dormentes de concreto monobloco



Fonte: a autora (2017).

Na figura 3, é apresentado um trecho com utilização de dormentes de concreto monobloco.

Figura 4 - Trecho com dormentes de madeira de lei



Fonte: a autora (2018).

Na figura 5 é apresentado um trecho ferroviário no qual está sendo utilizado dormente de eucalipto, que possui aparência muito similar à do dormente de madeira de lei, porém com propriedades mecânicas diferentes.

Figura 5 - Trecho com dormentes de eucalipto



Fonte: a autora (2018).

Neste trabalho, serão analisados os custos envolvidos na aquisição de dormentes, sendo considerados 4 tipos amplamente utilizados nas ferrovias brasileiras, conforme apresentado nas figuras 2 a 5, respectivamente: aço, concreto monobloco, madeira de lei e eucalipto. Portanto, essa pesquisa busca responder à pergunta sobre qual o melhor tipo de dormente a ser utilizado considerando o custo do ciclo de vida.

1.2 OBJETIVO

Os objetivos geral e específicos serão apresentados em sequência.

1.2.1 Objetivo geral

Realizar uma análise técnico-financeira, para definir a melhor estratégia de manutenção, através da metodologia CCV, levando em conta todos os custos de aquisição do dormente, dos componentes por ele afetados, seus custos de manutenção, bem como do descarte após o seu uso.

1.2.2 Objetivos específicos

Para que se consiga atingir o objetivo geral deste estudo, tem-se como necessidade atingir também seus objetivos específicos, que são:

- Identificar e validar os custos de vida de cada opção com a área responsável pela aquisição e manutenção;
- Realizar a comparação financeira das cinco alternativas de tipos de dormentes;
- Definir a melhor estratégia considerando o custo-benefício de longo prazo discutido com a área de engenharia e de manutenção, tendo como limite o final da concessão da ferrovia.

1.3 JUSTIFICATIVAS

A ferrovia, apesar de não possuir muitas opções neste modal e acreditar-se não ter concorrência entre elas, possui como forte concorrente o modal rodoviário e, por isso, para fazer frente, há a necessidade de buscar otimização em seus custos para tornar-se competitivo.

Considerando os custos com dormentes, determinar a estratégia de melhor custo-benefício pode fazer com que este modal possa seguir sua expansão.

1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

O método a ser utilizado será estudo de campo com coleta de dados, sendo que o estudo de campo.

Também será feita pesquisa documental com base em relatórios disponibilizados pela empresa.

Como em boa parte dos casos os documentos a serem utilizados na pesquisa não receberam nenhum tratamento analítico, torna-se necessária a análise de seus dados. Essa análise deve ser feita em observância aos objetivos e ao plano da pesquisa e pode exigir, em alguns casos, o concurso de técnicas altamente sofisticadas. (GIL, 2002)

Após essa pesquisa documental, conforme observado por Gil (2002), serão feitos os devidos tratamentos para a análise, sendo os dados inseridos em software (Excel) para consolidação das informações e aplicação das etapas para a análise do ciclo de vida.

A partir dessa consolidação das informações, serão analisados os custos envolvidos na aquisição, manutenção e descarte de cada tipo de dormente, que serão colocados em fluxo e caixa e, em seguida, serão trazidos para o valor presente líquido (VPL), a fim de compará-los e, de forma gráfica, mostrar qual a melhor opção.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo deste trabalho mostra a introdução do projeto e tema, são apresentados os objetivos, o problema e a justificativa deste estudo.

No capítulo 2, será apresentada a explicação técnica da ferrovia, com foco maior na superestrutura ferroviária. Os impactos dos dormentes em outros componentes serão explicitados, para que sirvam de apoio para a consideração dos custos envolvidos na manutenção.

No capítulo 3, será apresentado o referencial teórico da engenharia de confiabilidade aplicável ao trabalho, sendo a análise do custo de vida a principal referência.

No capítulo 4, o desenvolvimento desse estudo será apresentado, mostrando a aplicação do referencial teórico no assunto abordado, bem como quais serão os dados considerados para a análise.

O capítulo 5 apresentará as conclusões da aplicação da análise do custo de vida, tendo seu resultado divulgado para possível utilização na empresa que forneceu os dados para o estudo. Também nesse capítulo estarão propostas para trabalhos futuros com temas correlatos.

Por fim, serão apresentadas as referências utilizadas para este estudo, permitindo que sejam consultadas em caso de dúvidas e maior aprofundamento, se necessário.

2 DORMENTES

2.1 ASPECTOS GERAIS DE DORMENTAÇÃO FERROVIÁRIA

Os dormentes tem como função receber esforços dos trilhos, transmiti-los ao lastro, fixar os trilhos e manter a bitola da linha, ou seja, garantir que a distância entre os trilhos não varie, o que poderia ocasionar acidente.

Segundo Brina (1988), para cumprir sua finalidade, os dormentes devem apresentar:

- a) Comprimento e largura que forneçam uma superfície de apoio suficiente para que o trabalho sobre o lastro não ultrapasse seu limite, perdendo suas características de amortecimento e distribuição dos impactos;
- b) Espessura que lhe de a necessária rigidez, permitindo, entretanto, alguma elasticidade;
- c) Resistência suficiente para receber os esforços longitudinais e transversais;
- d) Permitir uma boa fixação dos trilhos;
- e) Permitir, com relativa facilidade, o nivelamento do lastro na sua base;
- f) Alta durabilidade.

Devido às suas características mecânicas e facilidade de obtenção, os dormentes de madeira são muito utilizados no Brasil. Porém, existe a preocupação em relação à sua disponibilidade a longo prazo, o que, juntamente à evolução tecnológica, levou ao desenvolvimento de dormentes de outros tipos de matérias primas.

A vida útil dos dormentes depende de variáveis como clima, lastro, volume e velocidade de tráfego, geometria da via, dentre outros.

Conforme Pinto (2012), os dormentes foram sendo desenvolvidos baseados nos pontos fracos dos dormentes de madeira. Porém, dadas as diferentes características e métodos produtivos, possuem conseqüentemente, preços muito diferentes entre si. Por isso, faz-se importante a avaliação técnico-financeira para auxílio na definição da melhor opção a ser utilizada na ferrovia.

2.2 DORMENTE DE MADEIRA DE LEI

Os dormentes de madeira de lei possuem boa parte das características fundamentais mencionadas por Brina (1988) e, por isso, é o mais utilizado pelas ferrovias brasileiras. Segundo Marzola (2004), estima-se que cerca de 2,6 bilhões de dormentes de madeira, de um total aproximado de três bilhões de unidades, em todo o mundo, sejam dormente de madeira, tornando-o assim, de longe, o mais utilizado. Estima-se, ainda, que desse total, cerca de 2 a 5% necessitem ser renovados.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 7511 - Dormentes de madeira — Requisitos e métodos de ensaio, define as propriedades que os dormentes desse material devem possuir e por quais ensaios deve passar para que estejam em condições de serem utilizados nas ferrovias. Além dessa norma brasileira, as ferrovias também fazem adaptações para que sejam permitidas suas condições mais específicas de transporte ferroviário, como velocidade e carga.

A norma considera que existem dois tipos de dormentes de madeira de lei, os de primeira e de segunda classe, tendo como requisitos mínimos de desempenho os valores apresentados na tabela abaixo. Além disso, a madeira para produção de dormentes deve possuir a classe de resistência C25 ou superior, conforme classes estabelecidas na ABNT NBR 7190.

Quadro 1 - Valores mínimos de propriedades dos dormentes de madeiras

Propriedade e método de ensaio	Notação	Valor		Método de verificação
		Primeira classe	Segunda classe	
Módulo de elasticidade à flexão	MOE	13 000 MPa	10 000 MPa	Anexo A
Módulo de ruptura à flexão	MOR	50 MPa	40 MPa	Anexo A
Compressão normal – Placa	$f_{c90,P}$	5 MPa ^a	4 MPa ^a	Anexo B
Resistência ao arrancamento lateral	Ra_0	10 kN	8 kN	Anexo D
Resistência ao arrancamento normal	Ra_{90}	25 kN	20 kN	Anexo C
Dureza <i>Janka</i>	f_H	40 MPa	35 MPa	Anexo E
Os produtos engenheirados de madeira devem estar de acordo com a ABNT NBR 7190. Para dormentes deste produto, deve-se realizar o ensaio dinâmico de resistência lateral e longitudinal da grade montada na condição de aplicação.				
^a Devem ser atendidas as exigências adicionais de deslocamentos elástico e permanente máximos, estabelecidas no Anexo B.				

Fonte: ABNT NBR 7511 (2013).

Apesar de possuir propriedades mecânicas muito favoráveis à utilização nas ferrovias, os dormentes de madeira também possuem muitas fragilidades, que podem, inclusive, fazê-los serem rejeitados ainda novos. São motivos para rejeição de dormentes caso sejam apresentados dois ou mais defeitos dos mencionados abaixo, conforme norma:

- a) Arqueamento;
- b) Encurvamento;
- c) Esmoado (quina morta);
- d) Saliência e/ou reentrância de até 2 cm, desde que fora da zona de fixação;
- e) Nó vivo, desde que fora da zona de fixação;
- f) Nó vazado ou furo de brocas, desde que fora da zona de fixação, com diâmetro inferior a 2,5 cm e profundidade menor que 5 cm;
- g) Rachadura, desde que fora da zona de fixação, com até 15 cm e abertura máxima de 2 mm;
- h) Fendilhamento, com no máximo 15 cm de comprimento e abertura máxima fora da zona de fixação de 3 mm;

Além disso, todos os dormentes de madeira devem ser tratados, visando atender a lei de número 4.797 de 1965.

Além de apodrecimento, os dormentes podem apresentar defeitos ao longo de sua vida:

- a) Afundamento de placa devido à pressão sobre as placas de apoio;
- b) Alargamento dos furos;
- c) Avaria devido à acidentes.

“Os dormentes de madeira de lei, no Brasil, duram de 15 a 20 anos, dependendo do tratamento. Os dormentes fabricados a partir de madeiras comuns duram de 5 a 6 anos, e os dormentes não tratados possuem uma vida útil de 2 a 10 anos. No restante do mundo, os dormentes tratados com pentaclorofenol duram de 25 a 30 anos; os tratados com sais, de 15 a 20 anos; e os não-tratados, de 3 a 15 anos” Faria apud Porto, 2006.

Neste estudo, considerando a obrigatoriedade de tratamento, será considerada a vida útil do dormente de madeira é de 15 anos.

Em relação às suas vantagens, pode-se dizer que possuem fácil logística, por serem leves; tem valor residual; sua elasticidade permite que seja utilizado em vias fora das condições ideais; pode ser intercalado com outros tipos de dormentes.

2.3 DORMENTE DE EUCALIPTO

Os dormentes de eucalipto passaram a ser adotados como alternativas aos dormentes de madeira, visto que esses últimos seguem cada vez mais escassos e também por respeito ao meio ambiente.

As espécies de madeira de eucalipto ultrapassam a quantia de 600 espécies, sendo que muitos são inapropriados para produção de dormentes devido à forte tendência de fendilhamento. (Santos, 2015)

Porém, por conter um número alto de espécies e possuir muitas propensas ao fendilhamento, não sendo recomendadas para uso de dormentes, os dormentes de eucalipto devem seguir a mesma norma que os de madeira, NBR 7511. Por isso, esse tipo de dormente possui vantagens semelhantes aos dormentes de madeira e também apresenta os mesmos tipos de defeitos, porém são de custo mais baixo e de menor vida útil. Neste estudo, será considerada a vida útil da pior situação mencionada por Marzola (2004): 4 anos.

2.4 DORMENTE DE AÇO

Segundo Pinto (2012), “os dormentes de aço começaram a ser adotados no Brasil na Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) a partir de 2004. Desde então o mercado ferroviário brasileiro tem absorvido esse tipo de dormente”.

Os parâmetros de aceitação para esse tipo de dormente constam na norma ABNT NBR 16691 - Dormente de Aço - Requisitos e métodos de ensaio, porém, assim como acontece com os demais, alguns parâmetros podem ser diferentes de ferrovia para ferrovia, de modo a atender as especificidades de cada uma.

Uma das grandes vantagens do dormente de aço é sua vida útil, cuja estimativa é de 40 anos. Além disso, por ser um dormente mais leve que os demais, a logística é facilitada, visto que é possível transportar em uma carreta mais peças, bem como posicioná-las posteriormente na linha de forma manual.

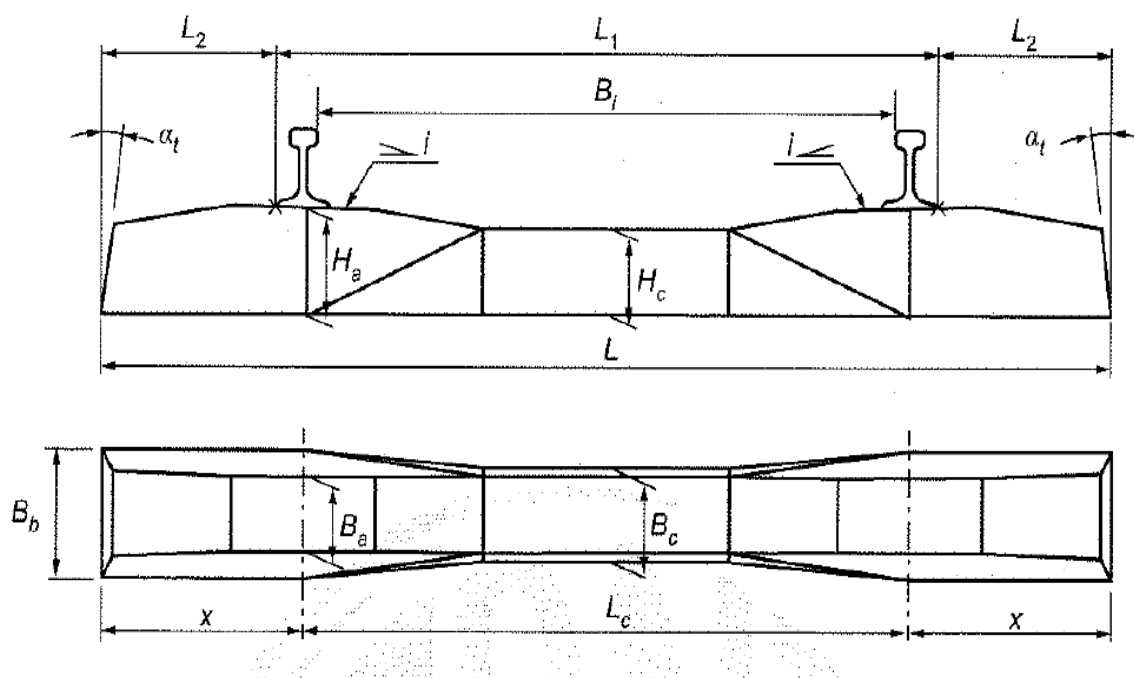
Também é possível mencionar que o dormente de aço possui maior resistência à abertura de bitola, o que favorece a segurança ferroviária.

2.5 DORMENTE DE CONCRETO

Dormentes de concreto podem ser de dois tipos quanto à forma: bibloco e monobloco, porém neste trabalho serão considerados os do último tipo.

Os dormentes de concreto devem obedecer a NBR 11709, que define o projeto, materiais e componentes que podem ser utilizados.

Figura 6 - Projeto de dormente monobloco típico de base variável



Fonte: ABNT NBR 11709 (2015).

Sua vida útil é similar à do dormente de aço: 40 anos. Porém, diferente do outro tipo, tem peso elevado, o que torna a substituição mais complexa, sendo mais propensa ao uso de equipamentos mecânicos em detrimento à troca manual, ainda muito utilizada nas ferrovias brasileiras.

Além disso, segundo a *American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association* (2008, apud SANTOS 2015), “os dormentes de concreto são pesados e muito menos flexíveis em absorver cargas de impacto e transmitem para o lastro carga excessivamente elevada, que resultará no esmagamento, trituração e quebra das pedras de constituição do lastro”.

Dentre os defeitos em dormente de concreto, estão as trincas e fraturas, abrasão na zona de fixação, fratura de isoladores e deslocamento da almofada.

2.6 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo, foram apresentados através de imagens e características os quatro tipos de dormentes a serem analisados com a metodologia de custo do ciclo de vida.

Os dados supracitados foram obtidos através de pesquisa documental, considerando artigos, livros e normas publicadas sobre o assunto.

A metodologia mencionada anteriormente será apresentada no capítulo 3.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O Custo do Ciclo de Vida (CCV), segundo Dhillon (2009), é definido de forma simplista como “a soma de todos os custos incorridos durante sua vida útil (ou seja, o total de aquisição e custos de propriedade)”.

Barringer, por sua vez, define que CCV é:

[...] a soma dos custos estimados desde a concepção até o descarte de equipamentos e projetos determinados por um estudo analítico de estimativas do custo total com um incremento anual durante a vida do componente considerando a variação do dinheiro no tempo (2003).

Além disso, a utilização do custo do ciclo de vida também é comentada por Neto:

O CCV determina estratégias dentro do sistema de gerenciamento da manutenção, tendo como influência a gestão financeira. Como essa ferramenta abrange todo o ciclo de vida econômica do ativo, ela está contida também na gestão do ciclo de vida dos ativos, um dos alicerces fundamentais do Sistema de Gerenciamento de Ativos. (2018)

Para que se faça uma análise do CCV, deve ser feita a análise financeira e, por isso, devem ser utilizados indicadores financeiros, como valor presente líquido (VPL), índice nacional de preços ao consumidos amplo (IPCA) e custo de oportunidade, sendo que neste trabalho será utilizada a taxa SELIC.

3.1 CUSTO DO CICLO DE VIDA

O custo do ciclo de vida é uma ferramenta que permite um melhor planejamento financeiro, visto que permite que a empresa adote uma melhor alocação dos recursos, levando-se em conta a relação custo/benefício.

3.1.1 Objetivo da análise do custo do ciclo de vida

De acordo com Barringer (2003), “o objetivo de uma análise de CCV é a de escolher a alternativa mais barata após uma comparação com diversas alternativas de forma a alcançar o menor custo total durante a vida do componente”. Por isso,

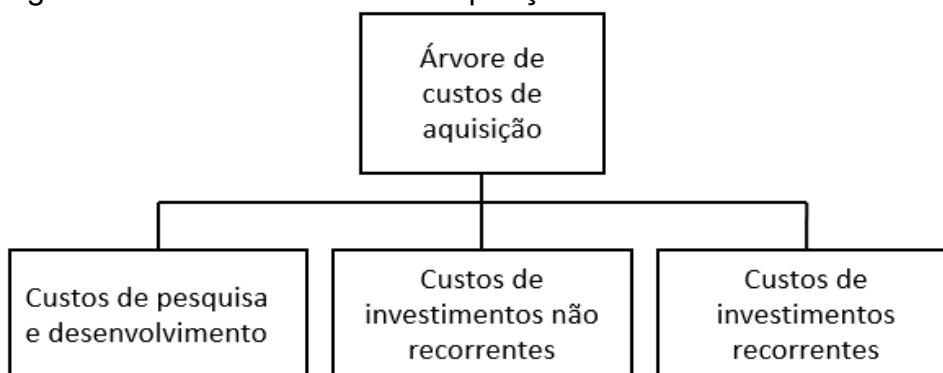
Indo ao encontro de Barringer, Neto (2018) afirma que “o CCV é uma ferramenta que consegue traduzir, através de uma distribuição de custos ao longo do

tempo, a vida operacional de um ativo. Ela auxilia o gestor no desenvolvimento de uma melhor visão estratégica sob ponto de vista econômico”.

3.1.2 Estimando o custo do ciclo de vida de um ativo

Uma forma de se estimar o custo do ciclo de vida de um ativo pode ser através da estruturação de uma árvore de custos com dois ramos principais, como sugere Barringer (2003). Esses ramos são os custos de aquisição e de sustentação, que se desdobram em outros, conforme as figuras que se seguem:

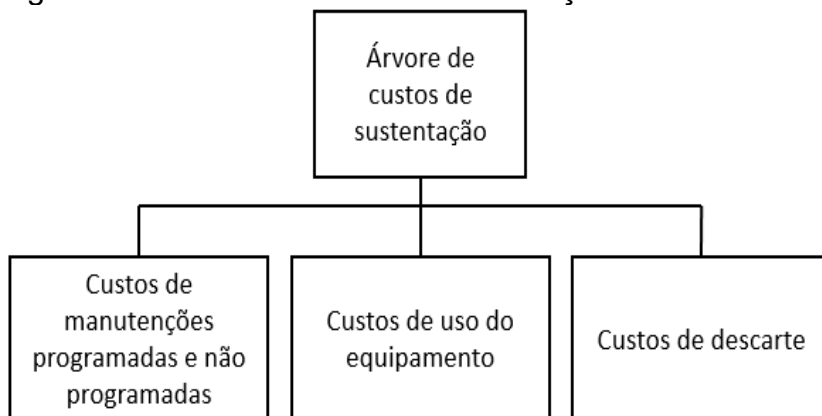
Figura 7 - Árvore de custos de aquisição



Fonte: Autoria própria, adaptado de Barringer (2003).

Na figura 8, são apresentados os desdobramentos dos custos de sustentação, que são: manutenção, custos de uso e de descarte.

Figura 8 - Árvore de custos de sustentação



Fonte: Autoria própria, adaptado de Barringer (2003)

Essa tarefa de estimativa de custos é complicada, pois existem várias incertezas, conforme mencionado por Dal Pai (2012):

- prever a operação do equipamento ao longo de sua vida;
- a natureza e a escala dos custos operacionais;
- a necessidade e os custos de manutenção;
- o impacto da inflação nos custos individuais e agregados;
- prever qual será a vida total do ativo.

Visto que os dormentes possuem suas especificidades, tanto de aquisição, quanto sustentação, os custos estimados serão diferentes cada tipo de dormente a ser analisado.

3.2 INDICADORES FINANCEIROS

Para que seja feito o cálculo financeiro que permite dizer qual o melhor custo benefício, é fundamental que sejam utilizados indicadores financeiros. Por isso, após estimar os custos de cada dormente ao longo do tempo, é necessário realizar uma correção financeira trazendo esses valores futuros para o momento presente.

3.2.1 Valor presente líquido (VPL)

O VPL é o valor presente dos fluxos de caixa futuros menos o valor presente do custo do investimento e pode ser encontrado através da seguinte equação:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0$$

Onde:

FC_j: Valores de entrada ou saída do caixa em cada período de tempo;

FC₀: Valor do investimento inicial;

j: Períodos de tempo;

i Taxa de desconto do projeto.

Segundo Neto (2018), “deve-se considerar a perda financeira do dinheiro determinada por uma taxa de juros, também chamado de custo capital. Após atualizar os valores de investimento e ganhos ao longo do tempo, realiza-se a subtração e o resultado final é o VPL. O indicador mostrará o lucro real do investimento. Se o resultado for negativo, o investimento não vale a pena”.

3.2.2 Sistema especial de liquidação de custódia (SELIC)

O termo Selic é uma sigla, que significa Sistema Especial de Liquidação de Custódia. Este sistema registra todas as operações relacionadas aos títulos do Tesouro Nacional. A sigla ficou conhecida por causa da Taxa Selic, que expressa diariamente a taxa de juro aplicada nas operações de financiamento por um dia, feitas pelo Banco Central com esses títulos públicos.

A taxa Selic é a taxa básica de juros da economia e que influencia todas as taxas de juros do país, segundo o Banco Central do Brasil.

Esta será a taxa a ser utilizada como custo de oportunidade, pois, conforme NETO (2018), “parte-se da premissa que o investidor não aplicaria seu dinheiro em uma empreitada que não lhe proporcionasse menos do que um investimento em fundos bancários poderia lhe render.”

Neste trabalho, será considerada a Taxa Selic atual, que é de 4,25% ao ano.

3.2.3 Índice de preços ao consumidor amplo (IPCA)

O índice de preços ao consumidor amplo é uma medida que baliza a inflação nacional. Este índice é calculado mensalmente e mede a inflação de um conjunto de produtos e serviços comercializados no varejo, referentes ao consumo pessoal das famílias.

Pela Resolução 2.615, de 30 de junho de 1999, ficou determinado pelo CMN que o índice a ser utilizado como referência para o regime de metas de inflação seria o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) desde dezembro de 1979. (CARRARA, 2012)

Visto que o trabalho a ser feito leva em conta fluxos de caixa futuros, os preços devem ser atualizados e, portanto, será utilizada a inflação oficial do país.

Dado que a inflação brasileira varia muito, será considerada a média anual do IPCA de 2000 a 2019, conforme quadro abaixo:

Quadro 2 – Inflação anual e média da inflação entre 2000 e 2019

ANO	IPCA
2000	5,97%
2001	7,67%
2002	12,53%
2003	9,30%
2004	7,60%
2005	5,69%
2006	3,14%
2007	4,46%
2008	5,90%
2009	4,31%
2010	5,10%
2011	6,50%
2012	5,84%
2013	5,91%
2014	6,41%
2015	10,67%
2016	6,29%
2017	2,95%
2018	3,75%
2019	4,31%
Média	6,22%

Fonte: a autora (2020).

Para o cálculo de CCV proposto nesse trabalho, será considerada então a inflação de 6,22% ao ano.

3.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO

No capítulo 3, foi apresentado o CCV, seu objetivo e a forma como o mesmo é calculado. Os custos de instalação e manutenção dos dormentes serão premissados no capítulo seguinte e atualizados conforme o IPCA médio entre 2000 e 2019 e o custo de oportunidade será a taxa Selic atual, de 4,25%.

Com os dados atualizados anualmente, será calculado o VPL.

4 APLICAÇÃO DO CCV

Para que seja calculado o CCV dos dormentes, serão considerados os custos das fixações utilizadas em cada tipo, bem como os custos de instalação e manutenção envolvidos nas trocas.

4.1 PREMISSAS

A fim de tornar tangível esse estudo, serão definidas premissas de valores e vida útil que serão utilizadas para os cálculos do CCV.

O cálculo será feito levando em conta o período de 30 anos, que é a duração de algumas concessões ferroviárias, como da MRS e da Malha Paulista da Rumo.

Os cálculos terão como base o custo por tipo e por quilômetro de ferrovia.

4.1.1 Atualização de preços

Visto que será necessária a atualização de valores ao longo dos anos dos custos envolvidos, será utilizada a taxa de inflação média entre 2000 e 2019, de 6,22% ao ano.

4.1.2 Custos envolvidos na utilização de dormente de madeira de lei

Os dormentes se diferenciam não apenas pela sua vida útil, mas também pelos componentes utilizados em sua montagem e no espaçamento entre eles.

Os dormentes de madeira são aplicados com espaçamento de 54 cm, por isso, são 1.852 peças a cada quilômetro de ferrovia.

O conjunto de fixação de cada dormente é composto de 2 placas de apoio, 8 *tirefonds*, 8 arruelas duplas e 4 grampos.

No quadro abaixo são apresentados os custos de aquisição, instalação e manutenção dos dormentes de madeira de lei e os componentes de fixação envolvidos nessa matriz de dormentes.

Quadro 3 – Vida útil, valor unitário e quantidade por quilômetro dos itens envolvidos na matriz de dormente de madeira de lei

Item	Vida útil (anos)	Valor unitário (R\$)	Qtd por km
Dormente de madeira de lei	15	300	1.852
Mão de obra para substituição do dormente	15	60	1.852
Placa de apoio	40	40	3.704
Tirefond 24mm	10	4	14.816
Grampo Pandrol	10	6	7.408
Arruela de dupla pressão	10	2	14.816

Fonte: a autora (2020).

4.1.3 Custos envolvidos na utilização de dormente de eucalipto

No quadro abaixo são apresentados os custos de aquisição, instalação e manutenção dos dormentes de eucalipto e os componentes de fixação envolvidos nessa matriz de dormentes.

Quadro 4 - Vida útil, valor unitário e quantidade por quilômetro dos itens envolvidos na matriz de dormente de eucalipto

Item	Vida útil (anos)	Valor unitário (R\$)	Qtd por km
Dormente de eucalipto	4	200	1.852
Mão de obra para substituição do dormente	4	60	1.852
Placa de apoio	40	40	3.704
Tirefond 24mm	10	4	14.815
Grampo Pandrol	10	6	7.407
Arruela de dupla pressão	10	2	14.815

Fonte: a autora (2020).

Os componentes envolvidos na utilização de dormente de eucalipto são iguais aos de madeira de lei, bem como o espaçamento entre eles. O que os diferencia são os custos do próprio dormente e a vida útil do mesmo.

4.1.4 Custos envolvidos na utilização de dormente de concreto

Os componentes utilizados no conjunto de dormente de concreto são diferentes dos de madeira. É utilizada palmilha isoladora, isolador lateral e grampo Pandrol.

Quadro 5 - Vida útil, valor unitário e quantidade por quilômetro dos itens envolvidos na matriz de dormente de concreto

Item	Vida útil (anos)	Valor unitário (R\$)	Qtd por km
Dormente de concreto	40	280	1.333
Mão de obra para substituição do dormente	40	160	1.333
Palmilha isoladora	5	10	2.666
Isolador lateral	5	3	5.332
Grampo Pandrol	10	6	5.332

Fonte: a autora (2020).

Além disso, o espaçamento entre dormentes de concreto é maior: 75 centímetros. Por isso, a quantidade de dormentes por quilômetro de ferrovia é menor.

4.1.5 Custos envolvidos na utilização de dormente de aço

No quadro 5 são apresentados os valores unitários dos componentes envolvidos no cálculo do CCV do dormente de aço.

Quadro 6 - Vida útil, valor unitário e quantidade por quilômetro dos itens envolvidos na matriz de dormente de aço

Item	Vida útil (anos)	Valor unitário (R\$)	Qtd por km
Dormente de aço	40	430	1.639
Mão de obra para substituição do dormente	40	60	1.639
Palmilha isoladora	5	10	3.279
Isolador lateral + toe	5	9	6.557
Grampo FastClip	10	6	6.557

Fonte: a autora (2020).

4.2 CÁLCULOS

Após definidos os custos associados à cada tipo de dormente, faz-se necessário o cálculo do custo do ciclo de vida. Visto que o valor do dinheiro varia conforme o tempo, os valores serão trazidos para o valor presente líquido (VPL).

4.2.1 Custo do ciclo de vida do dormente de madeira de lei

Ao aplicar as premissas de custos atreladas ao dormente de madeira de lei, tem-se os valores apresentados no quadro abaixo, onde os anos sem gastos foram omitidos.

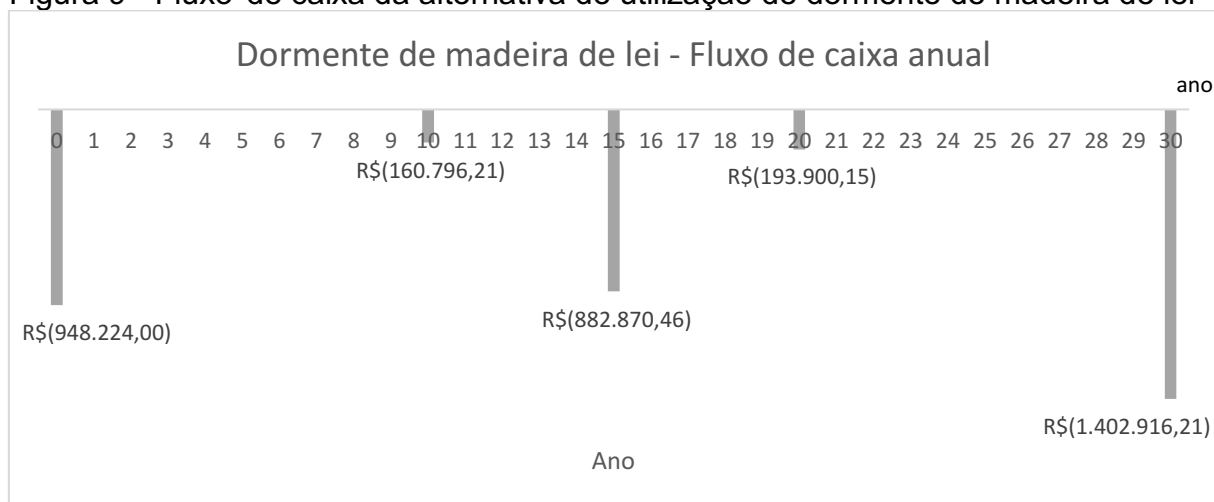
Quadro 7 – Cálculo dos custos atrelados à utilização de dormente de madeira de lei

ANO	Custos						Total ano	VPL
	Dormente	Placa de apoio	Tirefond 24mm	Grampo Pandrol	Arruela de dupla pressão	Mão de obra		
0	R\$ 555.600,00	R\$ 148.160,00	R\$ 59.264,00	R\$ 44.448,00	R\$ 29.632,00	R\$ 111.120,00	R\$ 948.224,00	R\$ 948.224,00
10	R\$ -	R\$ -	R\$ 108.356,24	R\$ 81.267,18	R\$ 54.178,12	R\$ -	R\$ 243.801,54	R\$ 160.796,21
15	R\$ 1.373.588,65	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 274.717,73	R\$ 1.648.306,38	R\$ 882.870,46
20	R\$ -	R\$ -	R\$ 198.114,79	R\$ 148.586,09	R\$ 99.057,40	R\$ -	R\$ 445.758,28	R\$ 193.900,15
30	R\$ 3.395.870,73	R\$ -	R\$ 362.226,21	R\$ 271.669,66	R\$ 181.113,11	R\$ 679.174,15	R\$ 4.890.053,85	R\$ 1.402.916,21

Fonte: a autora (2020).

Dessa forma, somando-se o VPL ao longo dos 30 anos, o custo para utilização do dormente de madeira de lei em 1 quilômetro de ferrovia é de R\$ 3.558.707,03.

Figura 9 - Fluxo de caixa da alternativa de utilização de dormente de madeira de lei



Fonte: a autora (2020).

Os desembolsos mais altos são devido à necessidade de substituição dos dormentes, enquanto os demais desembolsos são decorrentes das trocas de fixações, que possuem vida útil maior e custo menor.

4.2.2 Custo do ciclo de vida do dormente de eucalipto

Apesar ser mais barato que os dormentes de madeira de lei e de utilizar as mesmas fixações e distanciamento, a vida útil dos dormentes de eucalipto traz um impacto negativo no seu custo total de utilização.

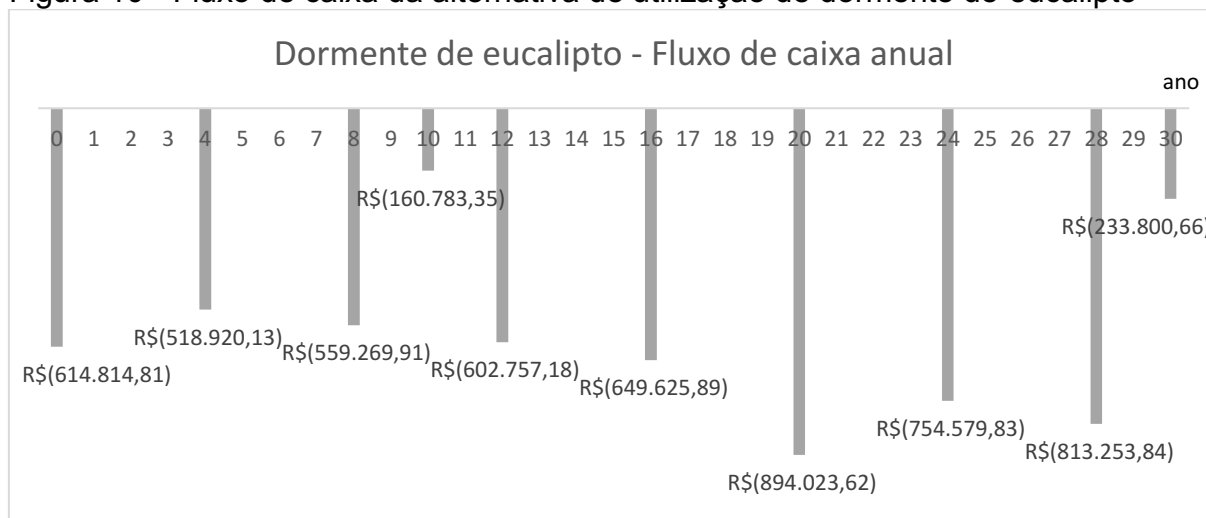
Quadro 8 - Cálculo dos custos atrelados à utilização de dormente de eucalipto

ANO	Custos						Total ano	VPL
	Dormente	Placa de apoio	Tirefond 24mm	Grampo Pandrol	Arruela de dupla pressão	Mão de obra		
0	R\$ 370.370,37	R\$ -	R\$ 59.259,26	R\$ 44.444,44	R\$ 29.629,63	R\$ 111.111,11	R\$ 614.814,81	R\$ 614.814,81
4	R\$ 471.477,99	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 141.443,40	R\$ 612.921,39	R\$ 518.920,13
8	R\$ 600.187,04	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 180.056,11	R\$ 780.243,15	R\$ 559.269,91
10	R\$ -	R\$ -	R\$ 108.347,57	R\$ 81.260,68	R\$ 54.173,79		R\$ 243.782,04	R\$ 160.783,35
12	R\$ 764.032,44	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 229.209,73	R\$ 993.242,18	R\$ 602.757,18
16	R\$ 972.606,10	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 291.781,83	R\$ 1.264.387,93	R\$ 649.625,89
20	R\$ 1.238.118,40	R\$ -	R\$ 198.098,94	R\$ 148.574,21	R\$ 99.049,47	R\$ 371.435,52	R\$ 2.055.276,54	R\$ 894.023,62
24	R\$ 1.576.113,05	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 472.833,92	R\$ 2.048.946,97	R\$ 754.579,83
28	R\$ 2.006.377,06	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 601.913,12	R\$ 2.608.290,18	R\$ 813.253,84
30	R\$ -	R\$ -	R\$ 362.197,24	R\$ 271.647,93	R\$ 181.098,62		R\$ 814.943,78	R\$ 233.800,66

Fonte: a autora (2020).

Somando-se o VPL dos custos envolvidos na utilização de dormente de eucalipto, seu custo por quilômetro é de R\$ 5.801.829,23.

Figura 10 - Fluxo de caixa da alternativa de utilização de dormente de eucalipto



Fonte: a autora (2020).

No caso do fluxo de caixa anual da utilização de dormente de eucalipto, os desembolsos são mais frequentes, ocorrendo pelo menos de 4 em 4 anos, que é a menor vida útil do conjunto, visto que as fixações possuem ciclos de troca superiores.

4.2.3 Custo do ciclo de vida do dormente de concreto

No quadro abaixo são apresentados os custos atrelados à utilização de dormente de concreto.

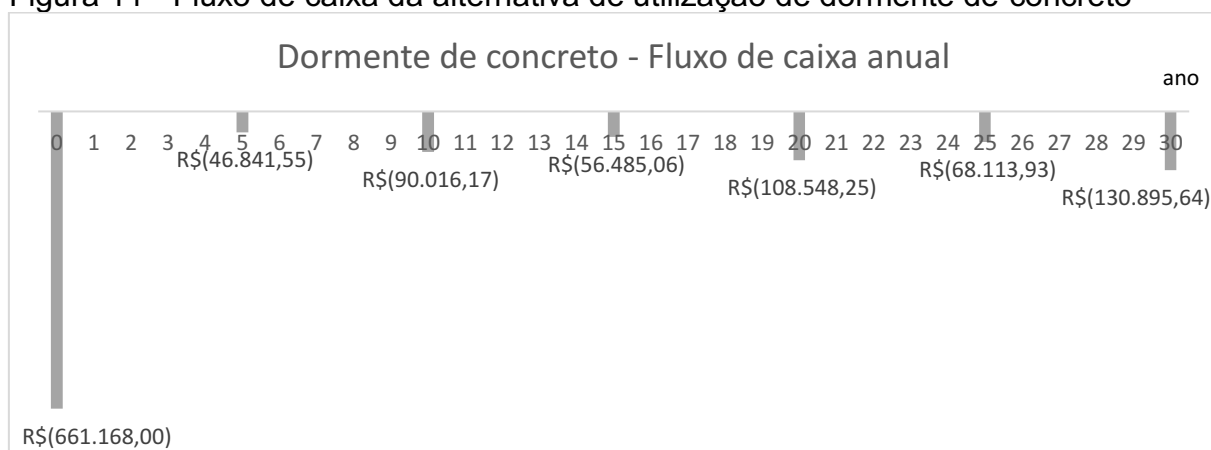
Quadro 9 - Cálculo dos custos atrelados à utilização de dormente de concreto

ANO	Custos					Total ano	VPL
	Dormente	Palmeira isoladora	Isolador lateral	Grampo Pandrol	Mão de obra		
0	R\$ 373.240,00	R\$ 26.660,00	R\$ 15.996,00	R\$ 31.992,00	R\$ 213.280,00	R\$ 661.168,00	R\$ 661.168,00
5	R\$ -	R\$ 36.048,87	R\$ 21.629,32		R\$ -	R\$ 57.678,19	R\$ 46.841,55
10	R\$ -	R\$ 48.744,22	R\$ 29.246,53	R\$ 58.493,06	R\$ -	R\$ 136.483,81	R\$ 90.016,17
15	R\$ -	R\$ 65.910,50	R\$ 39.546,30		R\$ -	R\$ 105.456,80	R\$ 56.485,06
20	R\$ -	R\$ 89.122,24	R\$ 53.473,34	R\$ 106.946,69	R\$ -	R\$ 249.542,27	R\$ 108.548,25
25	R\$ -	R\$ 120.508,47	R\$ 72.305,08		R\$ -	R\$ 192.813,55	R\$ 68.113,93
30	R\$ -	R\$ 162.948,01	R\$ 97.768,81	R\$ 195.537,61	R\$ -	R\$ 456.254,42	R\$ 130.895,64

Fonte: a autora (2020).

O VPL total para utilização desse tipo de dormente é de R\$ 1.162.068,61.

Figura 11 - Fluxo de caixa da alternativa de utilização de dormente de concreto



Fonte: a autora (2020).

Apesar do dormente de concreto possuir vida útil superior ao dormente de madeira de lei, os desembolsos são mais frequentes, visto que existem componentes em seu conjunto de fixação com vida útil de 5 anos, pois são componentes poliméricos, mais frágeis.

4.2.4 Custo do ciclo de vida do dormente de aço

Por fim, é apresentado no quadro abaixo o custo para utilização do dormente de aço.

Quadro 10 - Cálculo dos custos atrelados à utilização de dormente de aço

ANO	Custos						Total ano	VPL
	Dormente	Palmilha isoladora	Isolador lat. + toe	Grampo FastClip	Mão de obra			
0	R\$ 704.918,03	R\$ 32.786,89	R\$ 59.016,39	R\$ 39.344,26	R\$ 98.360,66	R\$ 934.426,23	R\$ 934.426,23	
5	R\$ -	R\$ 44.333,46	R\$ 79.800,23		R\$ -	R\$ 124.133,69	R\$ 100.811,33	
10	R\$ -	R\$ 59.946,40	R\$ 107.903,53	R\$ 71.935,68	R\$ -	R\$ 239.785,61	R\$ 158.147,56	
15	R\$ -	R\$ 81.057,76	R\$ 145.903,97		R\$ -	R\$ 226.961,74	R\$ 121.565,88	
20	R\$ -	R\$ 109.603,92	R\$ 197.287,06	R\$ 131.524,71	R\$ -	R\$ 438.415,70	R\$ 190.706,20	
25	R\$ -	R\$ 148.203,20	R\$ 266.765,76		R\$ -	R\$ 414.968,97	R\$ 146.593,27	
30	R\$ -	R\$ 200.396,01	R\$ 360.712,82	R\$ 240.475,21	R\$ -	R\$ 801.584,05	R\$ 229.967,87	

Fonte: a autora (2020).

O valor total, considerando-se o período de 30 anos de utilização de dormente de aço, é de R\$ 1.882.218,34 por quilômetro.

Figura 12 - Fluxo de caixa da alternativa de utilização de dormente de aço



Fonte: a autora (2020).

O dormente de aço, assim como o de concreto, tem grande desembolso apenas inicial, quando se é avaliado o período de 30 anos.

A cada 5 anos, trocam-se componentes de fixação, de valores e vidas úteis inferiores ao do dormente.

4.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Neste capítulo, foram apresentados os valores obtidos no cálculo do custo do ciclo de vida dos quatro tipos de dormentes, bem como os fluxos de caixas anualizados, de forma a permitir uma análise e conclusão da melhor matriz de dormentes a ser utilizada na ferrovia com as características mencionadas neste trabalho.

O comparativo e conclusão serão apresentados no capítulo 5.

5 CONCLUSÃO

Após as considerações apresentadas nos capítulos anteriores e aplicado o cálculo do VPL total dos custos de aplicação e manutenção dos quatro tipos de dormentes, o resultado obtido é mostrado de forma consolidada no quadro abaixo:

Quadro 11 – Resultado consolidado da aplicação do CCV

Tipo de dormente	Total 30 anos
Concreto	R\$ 1.162.068,61
Aço	R\$ 1.882.218,34
Madeira de Lei	R\$ 3.588.707,03
Eucalipto	R\$ 5.801.829,23

Fonte: a autora (2020).

Conforme apresentado, considerando-se as premissas financeiras definidas e as vidas úteis adotadas, surge a resposta para a questão principal deste trabalho: o dormente de concreto é a alternativa de menor custo do ciclo de vida, considerando-se o período analisado. Em seguida, tem-se os dormentes de aço, madeira de lei e eucalipto, respectivamente.

A adoção do custo do ciclo de vida para definição da melhor estratégia de dormentação mostra-se mais inteligente e econômica do que escolha mais simples pelo tipo de dormente mais barato, visto que, se fosse dessa forma, haveria um gasto superior de R\$ 4,6 MM ao longo de 30 anos.

A maior dificuldade encontrada nesse trabalho foi a de definir quais as variáveis a serem consideradas, visto que são muitas as que são impactadas em decorrência do tipo de dormente. Além disso, a vida útil do dormente também é bastante variável, pois sofre influência do peso da carga transportada, do solo, dentre outros. Por isso, foi considerada vida útil média encontrada em outros trabalhos já publicados.

A diferença de custo total seria ainda maior se fosse considerado o custo de interrupção da circulação ferroviária para as manutenções supracitadas, visto que o dormente de melhor custo benefício foi também o de maior vida útil, exigindo trocas mais espaçadas, enquanto o dormente de eucalipto exigiria interrupções frequentes.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Existem inúmeras variáveis que podem ser consideradas para o cálculo do custo do ciclo de vida para definição de tipo de dormente a ser utilizado na ferrovia. Tais variáveis podem trazer impactos nos valores encontrados e colaborar para uma maior assertividade. Quanto mais variáveis inseridas, maior a confiabilidade no resultado obtido.

Por isso, propõe-se para trabalhos futuros a inserção de variáveis como a mencionada anteriormente, de custo de trem parado, bem como a consideração dos custos de brita, socaria, necessidade de aquisição de novos equipamentos, dentre outros.

Também podem ser feitos trabalhos considerando a estratégia de custo do ciclo de vida para outros ativos de alto valor utilizados na ferrovia, como rodas, locomotivas, motores e trilhos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7511**: Dormentes de madeira — Requisitos e métodos de ensaio. São Paulo, 2013
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11709**: Dormente de concreto - Projeto, materiais e componentes. São Paulo, 2015.
- BARRINGER, H. Paul. A Life Cycle Cost Summary. Perth, Austrália: Maintenance Engineering Society of Australia, 2003.
- BRINA, Helvécio L. Estradas de Ferro. Editora UFMG, 1988.
- Brown, Robert J. e Yanuck, Rudolph R. Introduction to life cycle costing. Prentice Hall, 1985
- CARRARA, Aniela Fagundes. CORREA, André Luiz. O regime de metas de inflação no Brasil: uma análise empírica do IPCA. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro (RJ), v. 16, n. 3, p. 441-462, setembro-dezembro/2012
- DAL PAI, Leonardo R. M. **Estudo do custo do ciclo de vida de um motor diesel de locomotiva**. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade aplicada à manutenção) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012
- DHILLON, Balbir S. **Life cycle costing for engineers**. CRC Press, 2009.
- EMBLEMSVÁG, Jan. **Life-cycle costing: Using activity-based costing and Monte Carlo methods to manage future costs and risks**. John Wiley & Sons, 2003.
- FARIA, Bruno Santana. **Utilização de materiais reciclados na fabricação de dormentes ferroviários**. Dissertação (mestrado) – Mestrado em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2006.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. Atlas, 2002
- MARZOLA, Gleyson. **Alternativas viáveis para substituição da madeira como dormente ferroviário**. Dissertação (graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembí Morumbi. São Paulo, 2004.
- NABAIS, Rui José da Silva. Manual Básico de Engenharia Ferroviária. Oficina de Textos, 2014.
- NETO, Teófilo Cortizo Moreira. **Aplicação da Análise do Custo do Ciclo de Vida em uma Indústria de Mineração com base na Gestão de Ativos**. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2018.

PINTO, Priscilla Meritello. **Modelo Técnico-Econômico para escolha de dormente.** Dissertação (especialização) – Curso de Especialização Transporte Ferroviário de Carga, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2012.

SANTOS, Luan Pereira dos. **Comparativo de qualidade, custo-benefício para construção de uma linha ferroviária entre dormentes de eucalipto e concreto em relação sua vida útil.** Monografia (Especialização) – Especialização em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015