



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ – UFOPA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MINAS

JANDER CÉSAR ANDRADE DINIZ

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE ADAPTAÇÃO DE LÂMINAS MODELO CD EM
TRATORES D11 VISANDO MAIOR PRODUTIVIDADE NA OPERAÇÃO DE
REMOÇÃO DE ESTÉRIL EM UMA MINA DE BAUXITA, CONSIDERANDO UM
PERÍODO DE CONTRATO**

Juruti - PA

2023

JANDER CÉSAR ANDRADE DINIZ

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE ADAPTAÇÃO DE LÂMINAS MODELO CD EM
TRATORES D11 VISANDO MAIOR PRODUTIVIDADE NA OPERAÇÃO DE
REMOÇÃO DE ESTÉRIL EM UMA MINA DE BAUXITA, CONSIDERANDO UM
PERÍODO DE CONTRATO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como atividade avaliativa na disciplina TCC II, ministrada pelo Prof. MsC. Matheus Diniz Pinto de Moraes, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Orientador: Prof. MsC. Matheus Diniz Pinto de Moraes

Juruti – PA

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) da UFOPA Catalogação de Publicação na Fonte. UFOPA - Biblioteca Campus Juruti

Diniz, Jander Cesar Andrade.

Análise de viabilidade de adaptação de Lâminas modelo CD em tratores D11 visando maior produtividade na operação de remoção de estéril em uma mina de Bauxita, considerando um período de contrato / Jander Cesar Andrade Diniz. - Juruti, 2023.

40fl.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal do Oeste do Pará-UFOPA. Campus Universitário de Juruti. Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Matheus Diniz Pinto de Moraes.

1. Trator de Esteiras D11. 2. Lâminas. 3. Viabilidade. 4. Mineração. 5. Bauxita. I. Moraes, Matheus Diniz Pinto de. II. Título.

UFOPACampus Juruti

CDD 622.98115 23.ed.


JANDER CÉSAR ANDRADE DINIZ

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE ADAPTAÇÃO DE LÂMINAS MODELO CD EM
TRATORES D11 VISANDO MAIOR PRODUTIVIDADE NA OPERAÇÃO DE
REMOÇÃO DE ESTÉRIL EM UMA MINA DE BAUXITA, CONSIDERANDO UM
PERÍODO DE CONTRATO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Nota: 8,7

Data da Aprovação: 07/06/2023

 Documento assinado digitalmente
MATHEUS DINIZ PINTO DE MORAIS
Data: 07/07/2023 08:44:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Matheus Diniz Pinto de Moraes – Orientador

Universidade Federal do Oeste do Pará - Campus Universitário de Juruti (UFOPA/CJUR)

Prof. Me. Antonio Márcio Ávila Almeida

Universidade Federal do Oeste do Pará - Campus Universitário de Juruti (UFOPA/CJUR)

Prof. Me. Régis Quesada Casquet

Universidade Federal do Oeste do Pará - Campus Universitário de Juruti (UFOPA/CJUR)

*Dedico este trabalho à Deus, à
minha mãe Marcilene e minha avó
Nair (in memoriam).*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pois sem ele não somos nada.

Agradeço a minha família por todo apoio dado durante toda minha vida.

Agradeço à minha namorada, Letícia, por toda paciência e auxílio.

Agradeço aos amigos como um todo, em especial à Bonatto e André por toda confiança depositada em mim nos últimos anos.

Agradeço aos professores por todo conhecimento compartilhado e paciência para sanar as dúvidas, bem como a compreensão e flexibilidade que foram cruciais para a conclusão desta etapa.

RESUMO

A mineração tem seguido uma linha crescente e mantendo destaque no cenário mundial. O Brasil produz substâncias minerais diversas e dentre as mais produzidas está matéria prima para obtenção do alumínio, a bauxita. O maior produtor nacional desse bem mineral é o estado do Pará, onde estão as minas de Juruti, Trombetas e Paragominas. Tradicionalmente, as minas de bauxita seguem o método de lavra por tiras, sendo este método amplamente utilizado em lavra à céu aberto onde os corpos minerais são tabulares e distribuídos horizontalmente. Esse tipo de lavra mantém uma sequência de operações dentre as quais está o decapeamento da camada de estéril, atividade realizada com o apoio de tratores de esteiras D11 e essencial para expor a tira de minério. Portanto, estudar soluções que possam melhorar a produtividade nessa etapa tem grande relevância para o processo produtivo. Nesse cenário, este trabalho estudou a viabilidade de substituição de lâminas dos tratores D11, visando aumento de produtividade e lucro dentro de um período de contrato. O estudo comparou as produtividades das lâminas utilizadas atualmente, modelo SU, e da lâmina proposta, modelo CD, com o auxílio de levantamentos topográficos com *scanner*, o levantamento custo de implementação do projeto, um período residual de contrato de 3 anos e realizou análises de indicadores financeiros.

Palavras-chave: Trator de esteiras D11, lâminas, viabilidade, produtividade, decapeamento.

ABSTRACT

Mining has followed an increasing trend and maintaining prominence in the global scenario. Brazil produces various mineral substances and among the most produced is the raw material for obtaining aluminum, bauxite. The largest national producer of this mineral is the state of Pará, where there are mines in Juruti, Trombetas and Paragominas cities. Traditionally, bauxite mines follow the strip mining method, which is widely used in open pit mining where ore bodies are tabular and distributed horizontally. This type of mining follows a sequence of operations among which is the stripping of the sterile layer, an activity carried out with the support of D11 crawler dozer and essential to expose the ore strip. Therefore, studying solutions that can improve productivity in this step has great relevance for production process. In this scenario, this work studied the feasibility of replacing blades of D11 dozers, aiming at increasing productivity and profit within a contract period. This study compared the productivities of the blades currently used, SU model, and the proposed blade, CD model, with the help of topographic surveys with scanner, the cost survey of project implementation, a residual contract period of 3 years and performed financial indicators analysis.

Keywords: D11 crawler tractor, blades, feasibility, productivity, stripping.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAL	Associação Brasileira do Alumínio
CD	<i>CarryDozer</i>
CDB	Certificado de Depósito Bancário
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CSLL	Contribuição Social sobre Lucro Líquido
DF	Disponibilidade Física
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FC	Fluxo de Caixa
IRPJ	Imposto de Renda sobre Pessoa Jurídica
ISS	Imposto Sobre Serviços
LAJIDA	Lucro Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização
LD	Lado Direito
LE	Lado Esquerdo
PIS	Programa de Integração Social
ROI	<i>Return on Investment</i>
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
SU	Semi Universal
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UF	Utilização Física
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO GERAL	11
3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4	METODOLOGIA	11
5	REFERENCIAL TEÓRICO	12
5.1	BAUXITA E ESTÉRIL.....	12
5.2	MÉTODO DE LAVRA POR TIRAS	14
5.3	TRATORES DE ESTEIRA.....	16
5.4	LÂMINAS	20
5.5	PRODUTIVIDADE	22
5.6	SCANNER	24
5.7	INDICADORES FINANCEIROS	25
6	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	27
7	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

A mineração se tornou um dos setores básicos da economia brasileira e permanece em existência desde a colonização, quando iniciou-se explorações em considerável parcela do território brasileiro em busca de minerais e, principalmente, ouro (CERIBELI e AGUIAR, 2015).

O setor tem seguido uma linha crescente e mantendo destaque no cenário mundial. O Brasil produz substâncias minerais diversas e dentre as mais produzidas está matéria prima para obtenção do alumínio, a bauxita. O maior produtor nacional desse bem mineral é o estado do Pará, onde estão as minas de Juruti, Trombetas e Paragominas. De acordo com Darling (2011), tradicionalmente, as minas de bauxita seguem o método de lavra por tiras, sendo este método amplamente utilizado em lavra à céu aberto onde os corpos minerais são tabulares e distribuídos horizontalmente.

A lavra por tiras (*Stripping mining*) mantém uma sequência de operações, que compreende a supressão vegetal da área, decapeamento da camada de estéril, desmonte do corpo (usualmente através de processo mecânico), carregamento e transporte. Em meio a essas etapas essenciais para garantir o fluxo das demais operações, se destaca a utilização de equipamentos de grande porte para movimentação de terra, sendo fator-chave no processo e sustentando a alta produtividade (CURI, 2017). No cenário analisado, a remoção de estéril é realizada, principalmente, por tratores de esteiras de grande porte, neste caso, o CAT D11.

Os tratores do modelo CAT D11 são equipamentos de alta produtividade e exigem custos elevados para se manterem em condições operacionais satisfatórias. De acordo com Caterpillar (2018), esses equipamentos possuem modelos variados de lâminas, sendo aplicáveis para operações diversas, desde as severas às mais simples, permitindo maximização do processo e garantindo elevadas produtividades com baixo custo. O conjunto de lâmina com maior capacidade é o modelo CD (*CarryDozer*), tendo capacidade para 43,6 m³ de material.

A realização desta pesquisa se concentrou sobre a intenção de se elaborar um estudo de caso, cujo objetivo é analisar a viabilidade de substituição do conjunto de lâmina modelo SU (Semi-Universal) de capacidade 27,2 m³ por um conjunto modelo CD (*CarryDozer*) de capacidade 43,6m³, considerando os fatores: Custos de aquisição do implemento, avaliar a

produtividade e indicadores financeiros considerando o período residual de contrato da empresa estudada, cuja sucursal está localizada no município de Juruti, estado do Pará.

2 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como principal objetivo avaliar a viabilidade econômica de substituição/adaptação de lâminas do modelo (*carrydozer*) CD em tratores CATERPILLAR D11, uma vez que isso acarretaria em um aumento de produtividade no processo operacional de remoção de estéril em uma mina bauxita.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Adentrando nas especificidades, alguns pontos serão analisados de maneira minuciosa, uma vez que o projeto pode trazer ganhos e/ou perdas.

- Levantar e comparar as produtividades de tratores CAT D11 com e sem lâminas modelo CD;
- Realizar levantamento de custos de implantação do projeto;
- Avaliar a viabilidade de substituição da lâmina considerando indicadores financeiros e um período residual de contrato;

4 METODOLOGIA

Para cumprimento dos objetivos foram realizados testes práticos com tratores com e sem lâminas *CarryDozer* (CD) afim de levantar e identificar a diferença de produtividade entre ambas, fixando os parâmetros que são variáveis como:

Altura da camada de estéril: 12 m

Ângulo de rampa de corte: 17°

Ângulo de deposição do material: 8°

Largura da tira: 25 m

E operador.

A produtividade será determinada a partir de medições topográficas com *scanner* modelo CS20 3.5G, onde serão feitos levantamentos nas áreas operadas para se chegar aos volumes movimentados e, após, associar a quantidade de massa ao tempo de trabalho das máquinas (m³/h).

Posteriormente, apoiado aos indicadores financeiros e trazendo os valores para o presente, analisar a viabilidade de implementação da lâmina CD em tratores D11 que não o possuem, sempre levando em consideração o período residual de contrato.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 BAUXITA E ESTÉRIL

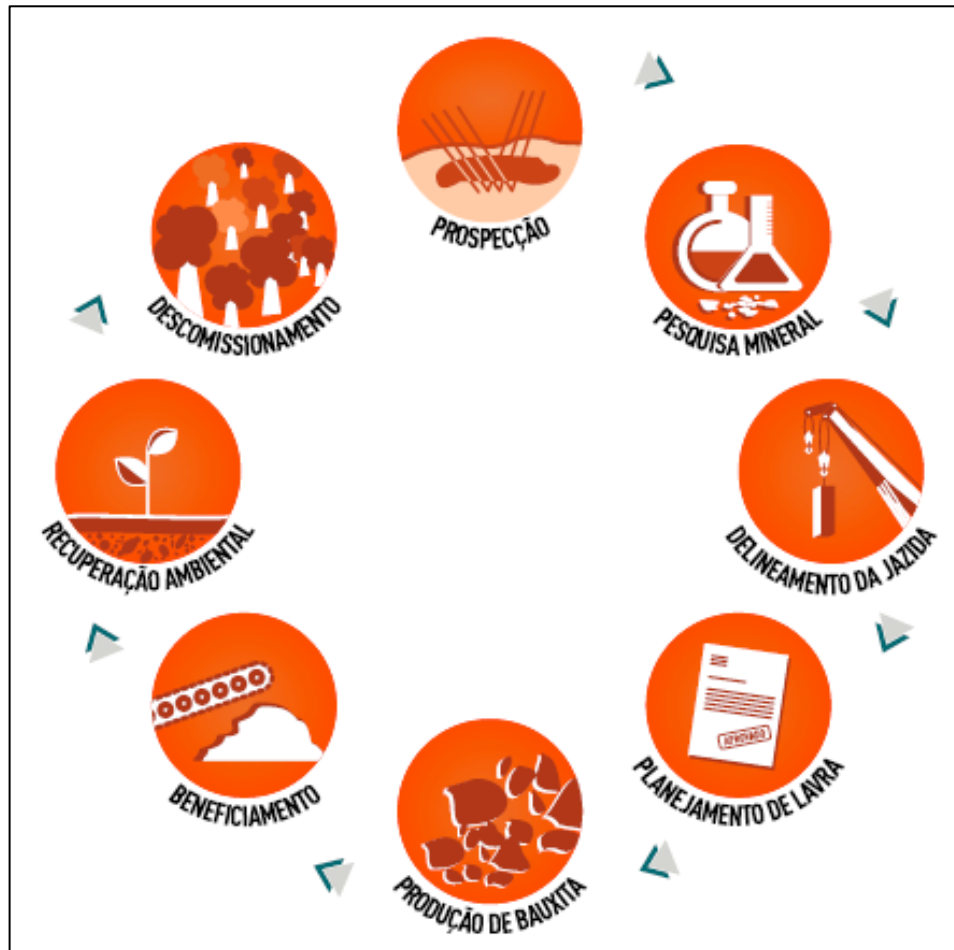
A bauxita é uma rocha rica em alumínio, formada por mais de 40% de alumina (Al₂O₃). De cor avermelhada, foi descoberta em 1821 por Berthier, na região de Les Baux, no sul da França (LUZ e LINS, 2008). Esse mineral é composto de uma mistura impura de minerais de alumínio, principalmente: gibbsita Al(OH)₃, diásporo AlO(OH) e boehmita AlO(OH). Esses minerais são classificados como oxi-hidróxidos de alumínio e suas quantidades podem variar muito entre os depósitos. (SAMPAIO *et al.*, 2005).

Dentre as impurezas que podem ser identificadas neste minério são: óxidos de ferro, argila, sílica, dióxido de titânio, entre outras. Economicamente, para a bauxita compensar o seu custo de extração, a proporção de conteúdo de alumina deve ser entre 50% e 55%, sendo o valor mínimo para que ela seja aproveitável, 30%. (ANJOS e SILVA, 1983, apud LUZ e LINS, 2008).

De acordo com MME (2009) a bauxita é usada na cadeia produtiva do alumínio, onde a produção brasileira se destaca representando a maior parte de utilização, sendo produzida,

normalmente, de forma integrada desde a mineração, com as etapas indicadas na figura 1, passando pela fase intermediária do refino em alumina, e redução na forma metal de alumínio.

Figura 1: O ciclo de vida de um depósito mineral economicamente viável de bauxita



Fonte: ABAL, 2017

De acordo com o Sumário Mineral (2018), a reserva brasileira de bauxita ocupa o terceiro lugar com aproximadamente 2,7 bilhões de toneladas, sendo as maiores localizadas nos estados do Pará (2,23 bilhões de t), Minas Gerais (342 milhões de t) e Goiás (76,2 milhões de t), que juntos refletem 98,9% das reservas nacionais. Liderando o ranking mundial estão Guiné e Austrália, com 7,4 bilhões e 6,2 bilhões de toneladas, respectivamente.

Entre os estados do Brasil, o Pará representa 89,5% da produção nacional de bauxita. Na tabela 1, estão presentes as principais empresas que atuam em minas de bauxita no Pará:

Mineração do Rio Norte, Mineração Paragominas e Alcoa World Alumina Brasil (SUMÁRIO MINERAL, 2018).

Tabela 1: Principais empresas produtoras de bauxita no Brasil

Empresa	Volume - 2015 (milhões tpa, base úmida)	%	Localização
MRN – Mineração Rio do Norte S.A.	17,82	48	Trombetas (PA)
Mineração Paragominas S.A. (Hydro)	10,06	27	Paragominas (PA)
Alcoa Alumínio S.A.	5,73	15	Juruti (PA) e Poços de Caldas (MG)
Companhia Brasileira de Alumínio -CBA	2,12	6	Itamarati**, Cataguases e Mirai (MG)
Outros *	1,33	4	
Total	37,06	100	

Fonte: ABAL, 2017

A área de mineração de bauxita a ser explorada é coberta pela vegetação da localidade e do solo orgânico. Abaixo dessa camada, encontra-se o estéril, uma porção da área à ser escavada que não apresenta valor econômico ou cuja proporção de minerais esteja abaixo do teor de corte. O estéril pode ser encontrado em profundidades distintas à depender da localidade, conforme pode ser visto em algumas jazidas no Pará, com média de 8 metros, ou até 20 cm, como ocorre na lavra de Poços de Caldas, no estado de Minas Gerais (ABAL, 2017).

Complementar à isso, à depender das características e composições geológicas do minério, a espessura deste também variará.

As camadas de bauxita e dos estéreis, por sua vez, são removidas com o uso de equipamentos pesados para ser carregadas em vagões, caminhões ou correias alimentadoras. O minério é processado nas plantas de moagem e lavagem (ABAL,2017). Nesse sentido, é identificado qual o melhor método de lavra para executar a produção mineral.

5.2 MÉTODO DE LAVRA POR TIRAS

A mineração pode ser desenvolvida a depender da localidade, de duas formas: em superfície ou subterrânea. Na modalidade de lavra a céu aberto, que está inserida dentro da

categoria de superfície, existem diversos métodos, dentre os quais estão embutidas as lavras em tiras e bancadas (HARTMAN, 1992).

Para depósitos que possuem peculiaridades específicas de geometria, sendo tabulares ou em camadas, o método mais aplicado é o de lavra em tiras. Porém, para que seja possível aplicar esse método de lavra a céu aberto, a distribuição da jazida deve ser horizontal e com baixa profundidade em relação à superfície (DARLING, 2011). Na figura 2 é possível observar um exemplo de lavra em tiras em uma mina de bauxita.

Figura 2 – Lavra por tiras



Fonte: Ferreira, 2012

De acordo com Curi (2017), apesar da semelhança entre as etapas básicas da lavra em tiras e em bancadas, a principal diferença está nas formas de remover o capeamento. O emprego desse método permite que o estéril e o minério sejam removidos em série de longas tiras paralelas. Na proporção em que o estéril é decapeado, o material é depositado na área onde previamente já sofreu extração. Dessa forma, é correto dizer que essa metodologia de lavra detém as maiores taxas de recuperação ambiental.

De maneira complementar, Hartman e Mutmansky (2002) inferem que a operação no método em questão geralmente é executado por um único equipamento, o tornando o método de alta produtividade e atingindo menor custo.

5.3 TRATORES DE ESTEIRA

Segundo Ricardo e Catalani (2007), o trator trata-se de um equipamento móvel, que é capaz de tracionar ou empurrar diversos materiais, e ainda receber variados complementos para realizar diferentes tarefas. Os autores apontam ainda, a diferença entre os tratores de esteira, mostrado na figura 3, e os tratores de rodas, exemplificado na figura 4.

Figura 3: Trator de esteiras



Fonte: Caterpillar, 2019.

Figura 4: Trator de rodas



Fonte: Caterpillar, 2013.

De forma simplificada, para entender melhor as características dos equipamentos, Ricardo e Catalani (2007) descrevem alguns pontos:

- Esforço trator: É variável, pois depende da forma de locomoção da máquina. Está presente no sistema de material rodante do equipamento, tanto em esteiras quanto pneus, impulsionado pela barra de tração ou roda motriz. Esse esforço pode ser utilizado para atividades de reboque ou empurrar outros implementos ou até mesmo, equipamentos.
- Velocidade: Está diretamente relacionada com o sistema de deslocamento da máquina, sendo esteiras ou pneus. Predominantemente, o deslocamento sobre esteiras é mais lento.
- Aderência: Expressa a habilidade do equipamento se deslocar por áreas sem que ocorra patinação das esteiras ou rodas.
- Flutuação: Propriedade do equipamento de transitar sobre terrenos de possuem baixa capacidade de suporte sem que ocorram atolamentos ou afundamentos do material rodante.

- **Balanceamento:** Está ligado à distribuição de massa no equipamento e um centro de gravidade de baixa altura em relação à máquina, permitindo equilíbrio durante as atividades operacionais em condições variadas de trabalho.

Os tratores de esteiras, possuem em seu corpo, placas de aços rígidas e articuladas entre si, constituindo as esteiras e permitindo a adaptação do trator às irregularidades do campo. A aderência da esteira no solo, se dá através das “garras”, um tipo de relevo que possui no exterior da esteira, podendo ser maior ou menor, a depender da necessidade. Dessa forma, os tratores de esteiras são propícios a empuxar elevadas cargas, sem haver o risco de patinação, mesmo em operações em declive (RICARDO e CATALANI, 2007).

Caterpillar (2018), cita alguns componentes essenciais para que o sistema de locomoção do trator de esteiras se adapte às irregularidades do terreno e garanta máxima aderência: trucks, roletes, rodas guias, roletes flutuantes, esteiras e roda motriz. A figura 5 demonstra alguns dos elementos citados acima.



Figura 5: Componentes do sistema de locomoção do trator D11



Fonte: Acervo pessoal

Para se obter a maximização da produção, é primordial a escolha adequada do tipo da lâmina que será acoplada no trator. Para isso, deve ser levado em consideração: (1) O tipo de serviço que o trator irá realizar majoritariamente. (2) Características do material a ser movimentado (uma vez que possui variáveis que afetam diretamente a produção, tais como tamanho e forma das partículas, teor de umidade, dentre outras) e (3) Fatores limitantes do trator, por exemplo, peso e potência do equipamento (CATERPILLAR, 2018). Na figura 6 é possível observar as principais especificações dos tratores D11.

Figura 6: Especificações de D11 e D11 CD

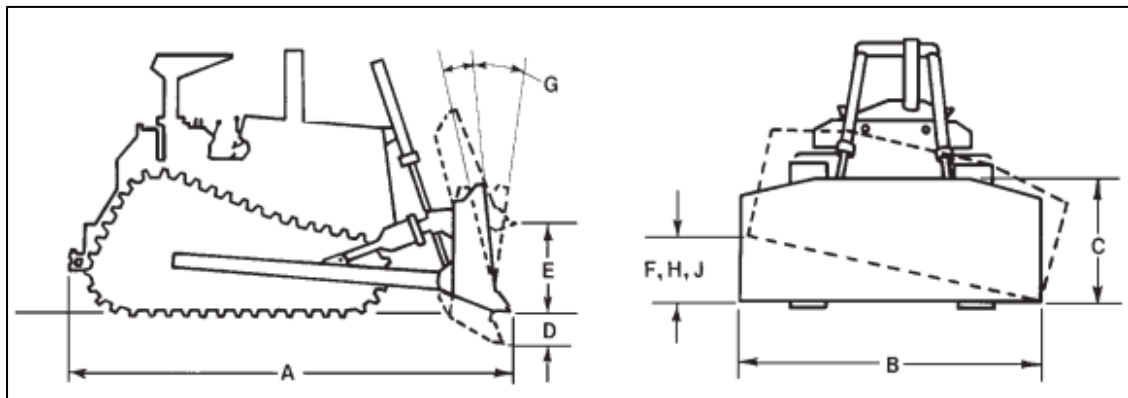
MODELO				
	D11T		D11T CD	
Energia do Volante do Motor	634 kW	850 HP	634 kW	850 HP
Peso de Operação:*				
Freio da Embreagem da Servotransmissão	104.600 kg	230.100 lb	113.000 kg	248.600 lb
Modelo do Motor	C32 ACERT		C32 ACERT	
RPM Nominal do Motor	1.800		1.800	
Nº de Cilindros	12		12	
Diâmetro Interno	145 mm	5,71 pol	145 mm	5,71 pol
Curso	162 mm	6,38 pol	162 mm	6,38 pol
Cilindradas	32,1 l	1.959 pol ³	32,1 l	1.959 pol ³
Roletes de Esteira (Em Cada Lado)	8		8	
Largura da Sapata de Esteira Padrão	710 mm	28 pol	915 mm	36 pol
Comprimento da Esteira sobre o Solo (Roda-guia a Roda-guia)	4,44 m	14 pés 7 pol	4,44 m	14 pés 7 pol
Área de Contato com o Solo (c/ Sapata Padrão)	6,31 m ²	9.781 pol ²	8,1 m ²	12.581 pol ²
Bitola de Esteira	2,89 m	9 pés 6 pol	2,89 m	9 pés 6 pol
DIMENSÕES GERAIS:				
Altura (Topo Removido)**	3,64 m	11 pés 11 pol	3,64 m	11 pés 11 pol
Altura (Até o Topo da Capota ROPS)	4,60 m	15 pés 1 pol	4,60 m	15 pés 1 pol
Altura (Até o Topo da Cabine ROPS)	4,29 m	14 pés 1 pol	4,29 m	14 pés 1 pol
Comprimento Total:				
(com Lâmina SU e Escarificador SS)***	10,59 m	34 pés 9 pol	10,70 m	35 pés 1 pol
(sem Lâmina e Escarificador)†	6,03 m	19 pés 9 pol	6,03 m	19 pés 9 pol
Largura (sobre Munhão)	4,38 m	14 pés 4 pol	4,38 m	14 pés 4 pol
Largura (sem Munhão — Sapata Padrão)	3,78 m	12 pés 5 pol	3,81 m	12 pés 6 pol
Altura Livre sobre o Solo††	574 mm	1 pés 11 pol	574 mm	1 pés 11 pol
Tipos e Larguras de Lâminas:				
CarryDozer		—	6,71 m	22 pés
Universal	6,36 m	20 pés 10 pol		—
Semi-U	5,60 m	18 pés 4 pol		—
Capacidade de Reabastecimento do Tanque de Combustível	1.609 l	425 gal EUA	1.609 l	425 gal EUA

Fonte: Adaptado (CATERPILLAR, 2018)

5.4 LÂMINAS

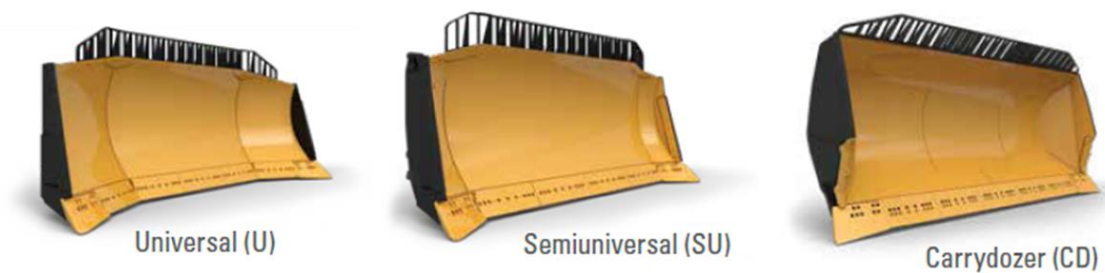
Caterpillar (2018), indica, no “Manual de Produção”, os modelos de lâminas adaptáveis aos equipamentos da marca, demonstrando brevemente qual a finalidade de cada tipo, bem como as demais especificações, como: dimensões, capacidade e aplicação. Dessa forma, é possível empregar um modelo de lâmina específico para cada tipo de material a ser movimentado, levando em consideração as limitações do trator e buscando extrair o máximo resultado de produtividade. As figuras 7 e 8 mostram de maneira didática o que foi comentado acima, indicando as dimensões gerais e os modelos de lâminas aplicáveis aos tratores D11, respectivamente.

Figura 7: Dimensões Gerais – Trator e Lâmina



Fonte: Caterpillar, 2018.

Figura 8: Lâminas utilizadas em tratores D11

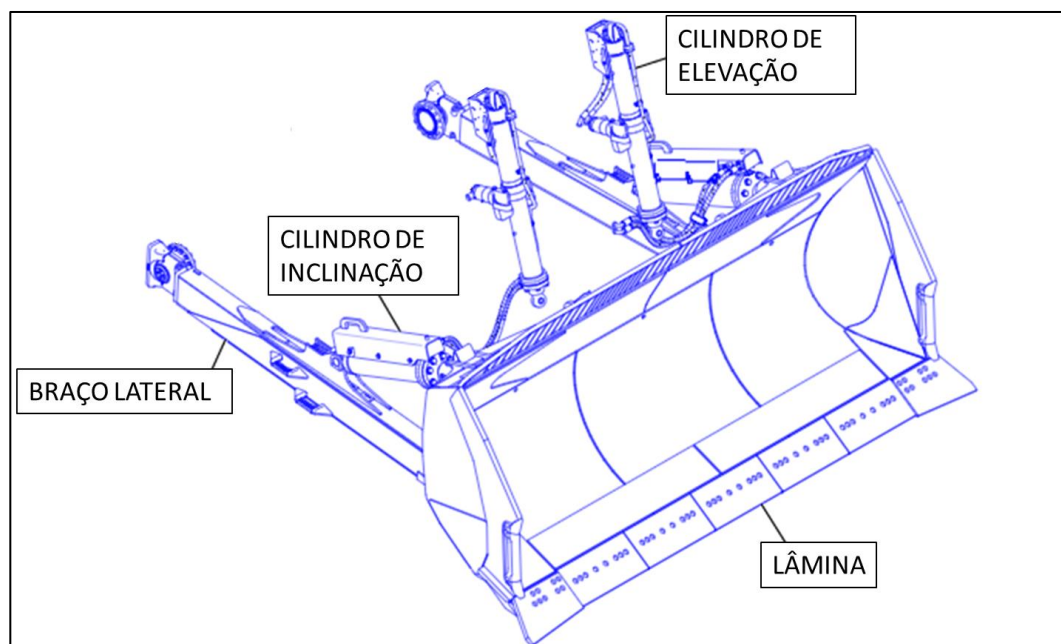


Fonte: Adaptado (CATERPILLAR, 2019)

Cada modelo de implemento possui acessórios diferentes para sua utilização no equipamento, podendo variar de acordo com as dimensões, comandos admissíveis e etc.

De acordo com Ricardo e Catalani (2007) , em sua maioria, os sistemas necessários para suportar a operação das lâminas são formados por: braços laterais atrelados ao chassi do equipamento, cilindros hidráulicos para elevar e abaixar a lâmina de acordo com a necessidade, cilindros para inclinar a mesma e bomba hidráulica para gerar fluxo de óleo ao sistema. Alguns desses acessórios são mostrados na figura 9.

Figura 9: Componentes do sistema de lâmina



Fonte: Adaptado (CATERPILLAR, 2023)

De acordo com Caterpillar (2018), para selecionar a lâmina ideal para o equipamento, devem ser analisados alguns fatores, como: O tipo de material a ser movimentado e as limitações do trator.

Segundo Caterpillar (2018), dentro do contexto do tipo de material, o implemento terá desempenho variável a depender das características do solo, como, por exemplo:

- A granulometria e a forma das partículas – Para este caso, a borda da lâmina terá maior dificuldade de penetração quando as partículas tiverem maior

dimensão. Os fragmentos com formatos salientes possuem maior resistência a ação natural da lâmina, exigindo maior potência para remoção do que partículas de formato arredondado.

- Vazios – Geralmente, quanto menor a quantidade de vazios, se torna mais difícil remover o material da sua forma natural.
- Teor de umidade – Em sua maioria, a presença do alto teor de umidade nos materiais exige mais potência do equipamento para movimentação, pois o material fica pesado. E a falta de umidade mantém uma ligação forte entre as partículas, também dificultando a remoção do material in situ. Por outro lado, a umidade ideal proporciona facilidade de remoção do material, reduz a presença de particulados em suspensão e condições ergonômicas favoráveis para o operador.

5.5 PRODUTIVIDADE

Segundo Ricardo E Catalani (2007), para realizar o cálculo de produção dos equipamentos em geral, é necessário ponderar uma variável extremamente importante: O tempo de ciclo. Este período irá variar de acordo com a velocidade assumida no percurso ligado ao ciclo tradicional de produção, onde se englobam as atividades de carregamento e transporte.

Silva (2014) ainda complementa que, para efeito de cálculo de estimativa de produção em tratores providos de lâminas, deve-se utilizar a equação:

$$Q = C \cdot \frac{1}{t_{c \min}} \cdot E \quad (1)$$

Sendo:

Q = produção efetiva

C = capacidade da lâmina

Tc min = tempo mínimo de ciclo

E = coeficiente de rendimento da operação

Neste cenário, é necessário também encontrar a variante C (Capacidade da Lâmina), ou seja, a quantidade de material acumulada a sua frente, após o corte, conforme equação abaixo:

$$C = 0,6 \cdot H^2 \cdot L \quad (2)$$

Sendo:

C = capacidade da lâmina

H = altura

L = largura

De acordo com Silva (2014), minas de grande porte tem uma gama de equipamentos sofisticados, possibilitando que a produtividade é calculada considerando as horas trabalhadas do equipamento e o volume de material movimentado dentro desse período. Abaixo é possível observar a equação que demonstra a produtividade:

$$P = V/h \quad (3)$$

Onde:

P = produtividade

V = volume em m³

h = horas trabalhadas

Para realizar avaliação de produtividade, é necessário executar levantamentos topográficos, anterior e posteriormente à operação do equipamento para realizar o fechamento preciso da movimentação.

5.6 SCANNER

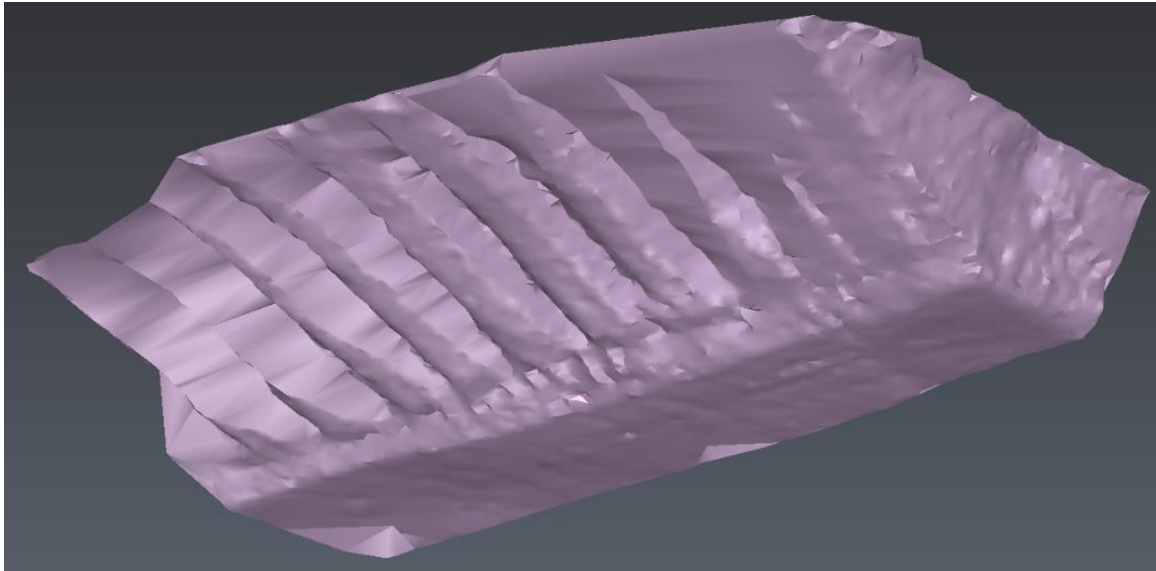
Uma das formas de calcular a produtividade de um equipamento, é utilizando dispositivos de levantamentos topográficos e softwares específicos. Hoje, um dos equipamentos mais utilizados é o *scanner*.

De acordo com Medina (2012), esses dispositivos liberam lasers de alta frequência que captam milhões de pontos e garantem alta precisão do posicionamento de cada ponto dentro da área scaneada, em um intervalo de tempo curto. Os equipamentos também possuem codificadores angulares juntamente com distanciômetros, o que permite a captura precisa de ângulos e distâncias.

Segundo Rocha (2002), a utilização de *scanner* nas atividades topográficas de mineração tem vantagens em relação aos demais sistemas, devido seu maior rendimento, precisão, velocidade e segurança, levando em consideração a possibilidade de realizar levantamentos de áreas sem condições de acesso, como por exemplo, galerias irregulares da mina e telhados. O autor também comenta algumas aplicabilidades dos dispositivos na mineração, como: apoio ao acompanhamento de ângulo de talude, levantamento de estruturas como descontinuidades e dobras, monitoramento de erosões e deslizamentos na área de mina, cubagem de básculas e conchas de equipamentos, bem como cálculo de volumes de pilhas de minério e depósito de estéril.

A figura 10 demonstra um exemplo de aplicabilidade do *scanner*. Nesse caso, realizou-se o levantamento do corte dos tratores D11 para cálculo de volume.

Figura 10: Imagem capturada por *scanner* de área decapeada por D11



Fonte: Acervo Pessoal

5.7 INDICADORES FINANCEIROS

Partindo do princípio de que é imprescindível verificar a viabilidade de um investimento em novos projetos a partir de indicadores financeiros, existem variadas técnicas que permitem realizar essa avaliação. Para caracterizar essa viabilidade, um investimento tem de, ao menos, cobrir o custo do capital que foi investido (RODRIGUES *et al.*, 2003).

Conforme descrito pelos autores Assaf Neto (2003); Assaf e Lima (2011); Brealey, Myers e Allen (2013); Gitman (2010) e Titman e Martin (2010), alguns dos métodos mais utilizados para a realização das análises de viabilidade financeira de um projeto são: *Payback* Descontado; Valor Presente Líquido (VPL) e *Return on Investment* (ROI).

O *Payback* Descontado será utilizado para verificar se o projeto obtém resultado dentro de sua vida útil, ou seja, dentro do prazo de término de contrato do projeto. É importante destacar que esse método leva em consideração o custo do capital, ou seja, o valor do dinheiro ao longo do tempo (Fonseca & Bruni, 2010).

O método VPL, sendo um dos critérios mais utilizados para tomada de decisão sobre investimentos, considera o valor temporal do dinheiro, isto é, ele traz ao valor presente um

valor futuro, obtendo o verdadeiro valor que o capital possui (Fonseca & Bruni, 2010). Neste caso, é utilizado a fórmula abaixo:

$$VPL = FC / (1 + TMA)^p \quad (4)$$

Sendo:

VPL = valor presente líquido

FC = fluxo de caixa

TMA = Taxa mínima de atratividade

P = Período

A TMA é uma taxa que pode ser determinada de acordo com a política de cada empresa. Não obstante, a definição da TMA deve ser tomada com cautela na decisão de alocação de recursos nos projetos de investimento. Gitman (2001) infere que a TMA mais adequada a ser considerada é o custo de capital, uma vez que cada uma das fontes de financiamento de um projeto tem um custo específico.

Por último, mas, não menos importante, será calculado o ROI (*Return on Investment*), que é uma importante técnica para indicar a taxa de retorno que o investimento gerará.

De acordo com Assaf Neto (2010), este indicador reflete a relação da quantidade de capital recebido através do resultado de um investimento e a quantidade de capital investido.

$$ROI = \frac{(R - C)}{C} \times 100 \quad (5)$$

Sendo:

ROI = *return on investment*

R = Receita (ganho obtido)

C = Custo (investimento inicial)

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Iniciam-se os estudos dos dados considerando primeiramente, o período residual do contrato dessa análise: 3 anos, contados a partir de 01/01/2024, sendo assim, com término em 31/12/2026. Portanto, a viabilidade do projeto apresentado nesta pesquisa depende da obtenção de retorno do investimento dentro deste período.

De acordo com a revendedora da fabricante do equipamento no Brasil, para realizar a troca da lâmina, é necessário considerar a troca dos conjuntos de suporte dos braços de empuxo (uma vez que os braços de empuxos poderão ser aproveitados da lâmina atual), link estabilizador, cilindros de inclinação e demais peças para montagem. Dessa forma, esse será considerado no cálculo de custo de implementação, indicado na tabela 2. Além disso, a compradora da lâmina deverá arcar com o frete dos itens até o destino final.

Tabela 2: Custo de Implementação

ITEM	VALOR
Lâmina CD	R\$ 1.020.450,03
Conjunto de Suporte LD	R\$ 42.884,39
Conjunto de Suporte LE	R\$ 42.884,39
Link Estabilizador	R\$ 399.627,27
Cilindro de Inclinação LD	R\$ 206.794,06
Cilindro de Inclinação LE	R\$ 308.896,24
Demais Peças	R\$ 253.747,17
Frete	R\$ 87.294,45
Total	R\$ 2.362.578,00

Fonte: Sotreq (Representante no Brasil)

Conforme o processo metodológico desta pesquisa, a fim de se obter os valores de produtividade das lâminas (SU e CD), foram realizados testes com os tratores, embasado às

medições topográficas (scanner modelo CS20 3.5G) e fixando as variáveis descritas na metodologia deste trabalho, obteve-se como resultado os valores a seguir, mostrados na tabela 3:

Tabela 3: Comparativo: Produtividade Entre Lâminas

COMPARATIVO		
ITEM	TRATOR D11	
	LÂMINA CD	LÂMINA SU
Altura do estéril (m)	12	12
Largura da tira (m)	25	25
Ângulo de corte (°)	17	17
Ângulo de deposição (°)	8	8
Volume (m ³)	24.510,69	17.572,83
Horas trabalhadas (h)	50,3	47,8
Produtividade (m ³ /h)	487,29	367,63

Fonte: Autor (2023)

Para se estimar os possíveis ganhos de receita deste projeto, foi realizado o seguinte cálculo:

$$\frac{m^3}{h} \times DF \times UF \times HT \times V \quad (6)$$

Sendo:

m³/h = Metros cúbicos por hora

DF = Disponibilidade Física média dos últimos 3 anos

UF = Utilização Física 90%

HT = Horas Trabalhadas considerando 22 horas/dia, 365 dias no ano.

V = Valor unitário

Aplicando, a equação (5) aos dados indicados na tabela 4, referentes à lâmina SU, temos:

Tabela 4: Receita Bruta: Lâmina SU

LÂMINA SU	
DF	69%
UT	90%
Produtividade	367,63
Preço Unitário	R\$ 2,10
Horas Trabalhadas	22
Dias	365

Fonte: Autor (2023)

$$367,63 * 0,69 * 0,90 * 2,1 * 22 * 365 = R\$ 3.849.793,05$$

Portanto, o valor estimado de receita bruta anual é de R\$ 3.849.793,05

Da mesma forma, aplicando a equação (5) aos indicadores da lâmina CD mostrados na tabela 5, temos:

Tabela 5: Receita Bruta: Lâmina CD

LÂMINA CD	
DF	69%
UT	90%
Produtividade	487,29
Preço Unitário	R\$ 2,10
Horas Trabalhadas	22
Dias	365

Fonte: Autor (2023)

$$487,29 * 0,69 * 0,9 * 2,1 * 22 * 365 = R\$ 5.102.863,36$$

Considerando isso, o valor da receita bruta é de R\$ 5.102.863,36, por ano.

Deve-se considerar ainda, os custos operacionais do trator, ou seja, o ônus pela utilização da máquina no período de execução das atividades, considerando a lâmina CD e SU, mostrados nas tabelas 6 e 7, respectivamente.

Tabela 6: Custos operacionais do D11 com lâmina CD

CATEGORIA	DESCRIÇÃO	TOTAL
SERVIÇOS	Reformas de peças/componentes em fornecedores	R\$ 158.252,16
	Fretes	
	Manutenções externas especializadas	
MATERIAL RODANTE	Roletes	R\$ 568.676,55
	Esteiras e componentes (parafusos, buchas e etc.)	
	Sapatas	
	Roletes flutuantes	
LUBRIFICANTES	Óleo do motor	R\$ 146.418,76
	Óleo trem de força	
	Óleo hidráulico	
	Óleo dos comandos finais	
	Refrigerante	
PEÇAS	Peças operacionais para manter o equipamento em condições de operação	R\$ 1.081.107,96

Fonte: Autor (2023)

Tabela 7: Custos operacionais do D11 com lâmina SU

CATEGORIA	DESCRIÇÃO	TOTAL
SERVIÇOS	Reformas de peças/componentes em fornecedores	R\$ 147.174,51
	Fretes	
	Manutenções externas especializadas	
MATERIAL RODANTE	Roletes	R\$ 528.869,16
	Esteiras e componentes (parafusos, buchas e etc.)	
	Sapatas	
	Roletes flutuantes	
LUBRIFICANTES	Óleo do motor	R\$ 136.169,42
	Óleo trem de força	
	Óleo hidráulico	
	Óleo dos comandos finais	
	Refrigerante	
PEÇAS	Peças operacionais para manter o equipamento em condições de operação	R\$ 1.005.430,40

Fonte: Autor (2023)

O custo operacional expresso acima tem como parâmetro a média de custo dos equipamentos nos últimos 2 anos. Como estão sendo considerados 3 anos de contrato, devemos considerar este valor para cada ano.

Para se estimar o LAJIDA (lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização), será deduzido ao valor de receita bruta, apresentado na tabela 5 deste trabalho, o valor de custo operacional, apresentado na tabela 6. Abaixo, a tabela 8 mostra a LAJIDA.

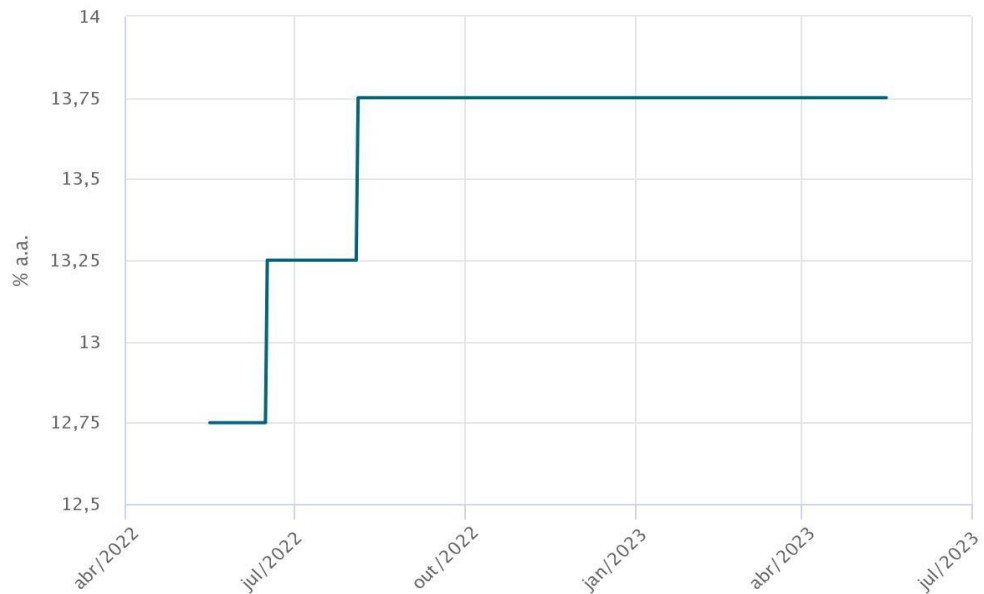
Tabela 8: Receita Operacional Líquida

Provisão	Ano		
	1	2	3
Receita Operacional Bruta	R\$ 5.102.863,36	R\$ 5.102.863,36	R\$ 5.102.863,36
Custo Operacional	-R\$ 1.954.455,40	-R\$ 1.954.455,40	-R\$ 1.954.455,40
LAJIDA	R\$ 3.148.407,96	R\$ 3.148.407,96	R\$ 3.148.407,96

Fonte: Autor (2023)

Para a avaliação das análises de Payback Descontado e Valor Presente Líquido, foi aplicado ao cálculo, a variação do dinheiro ao longo do tempo, utilizado como parâmetro o dobro da taxa SELIC (taxa básica de juros da economia), por se tratar de um os índices de maior importância do Brasil. Além disso, considera-se o mesmo valor para a Taxa Mínima de Atratividade.

Foi considerado 27,5%, o dobro do valor da SELIC em maio de 2023, 13,75% a.a. de acordo com o site do Banco Central do Brasil. O gráfico 1 mostra a evolução da taxa dentro do último ano. Optou-se por essa taxa, pois utilizar somente a Selic não traria riscos para o negócio.

Gráfico 1: Taxa SELIC

Fonte: Banco Central do Brasil, 2023.

Ao cálculo do VPL e Payback, deverá ser considerado ainda, incidência dos impostos básicos sobre as receitas líquidas geradas no projeto, mais especificamente o IRPJ (Imposto de Renda sobre Pessoa Jurídica), o ISS (Imposto sobre Serviço) e o CSLL (Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido). É importante destacar que optou-se, neste trabalho, não considerar o PIS/COFINS, devido ao benefício de crédito destes tributos, isto é, a possibilidade de abatimento de créditos ao valor devido, relativos à custos, despesas, bens ou insumos, os quais esta pesquisa não houve acesso à essas informações específicas.

No estudo em questão, é considerado que a empresa estudada é optante pelo Regime Tributário de Lucro Real, devido seu faturamento anual ser superior a R\$ 78 milhões. Dessa forma, as alíquotas de IRPJ e CSLL aplicadas são conforme legislação vigente: (I) IRPJ: 15% calculados a partir de até R\$ 240 mil do lucro anual + 10% sobre a parcela que exceder R\$ 240 mil/anual. (II) CSLL: 9% sobre o valor do lucro anual. (III) ISS: 5% da receita bruta conforme legislação tributária municipal.

A partir dos dados acima apresentados, aplica-se a formula do VPL e Payback às receitas geradas pelos dois modelos de lâminas:

Tabela 9: Provisão de ganhos com lâmina SU (atual)

Item	Ano			
	0	1	2	3
Investimento				
Receita Operacional Bruta		R\$ 3.849.793,05	R\$ 3.849.793,05	R\$ 3.849.793,05
Custo Operacional		(R\$ 1.817.643,52)	(R\$ 1.817.643,52)	(R\$ 1.817.643,52)
CSLL		(R\$ 182.893,46)	(R\$ 182.893,46)	(R\$ 182.893,46)
IRPJ		(R\$ 484.037,38)	(R\$ 484.037,38)	(R\$ 484.037,38)
ISS		(R\$ 192.489,65)	(R\$ 192.489,65)	(R\$ 192.489,65)
Lucro Líquido		R\$ 1.172.729,04	R\$ 1.172.729,04	R\$ 1.172.729,04
Valor Presente		R\$ 919.787,48	R\$ 721.401,95	R\$ 565.805,45
VPL		R\$ 919.787,48	R\$ 1.641.189,43	R\$ 2.206.994,88

Fonte: Autor (2023)

Entende-se a partir dos dados apresentados na tabela 9 que o Lucro Líquido provisionado ao VPL será de R\$ 2.206.994,88, ao final do período de contrato. Neste cenário, não há custo de investimento referente à compra e instalação de nova lâmina ao trator, portanto, o VPL se mantém positivo ao longo do tempo, maximizando o lucro no período.

Tabela 10: Viabilidade Financeira – Lâmina CD

Item	Ano			
	0	1	2	3
Investimento	(R\$ 2.362.578,00)			
Receita Operacional Bruta		R\$ 5.102.863,36	R\$ 5.102.863,36	R\$ 5.102.863,36
Custo Operacional		(R\$ 1.954.455,40)	(R\$ 1.954.455,40)	(R\$ 1.954.455,40)
CSLL		(R\$ 283.356,72)	(R\$ 283.356,72)	(R\$ 283.356,72)
IRPJ		(R\$ 763.101,99)	(R\$ 763.101,99)	(R\$ 763.101,99)
ISS		(R\$ 157.420,40)	(R\$ 157.420,40)	(R\$ 157.420,40)
Lucro Líquido	(R\$ 2.362.578,00)	R\$ 1.944.528,86	R\$ 1.944.528,86	R\$ 1.944.528,86
Valor Presente	(R\$ 2.362.578,00)	R\$ 1.525.120,67	R\$ 1.196.173,08	R\$ 938.174,96
VPL	(R\$ 2.362.578,00)	(R\$ 837.457,33)	R\$ 358.715,75	R\$ 1.296.890,71
TIR	28,20%			

Fonte: Autor (2023)

Conforme é visto na tabela 10, a empresa paga o valor investido e passa a ter lucro sobre o capital a partir do segundo ano.

O Valor Presente Líquido, é estimado em R\$ 1.296.890,71, portanto, o ROI do projeto pode ser calculada por:

$$ROI = \frac{Lucro}{Investimento} \times 100$$

Aplicando a formula:

$$\frac{1.296.890,71}{2.362.578,00} \times 100 = 54,89\%$$

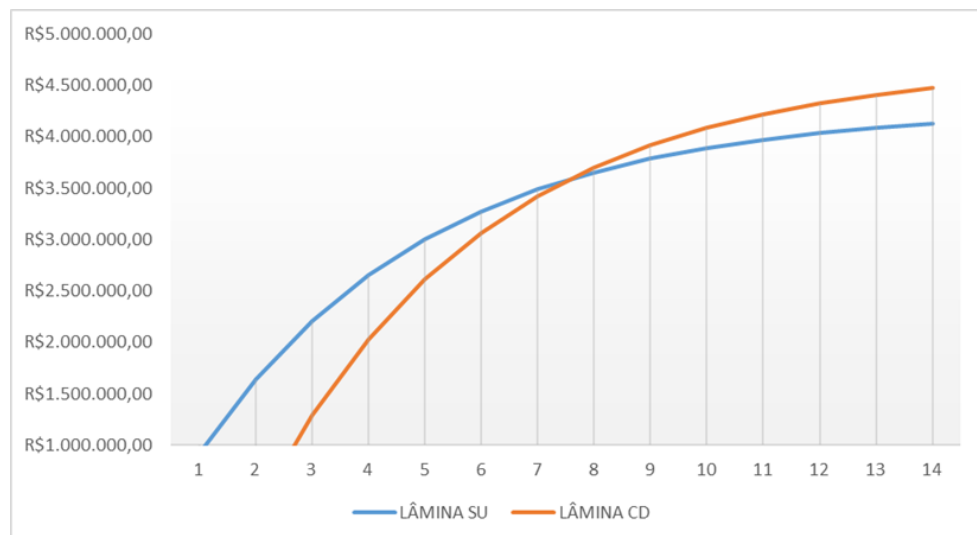
Nas análises apresentadas acima, pôde-se obter a taxa ROI de 54,89%. É possível verificar também que, a Taxa Interna de Retorno deste projeto está superior a Taxa Mínima de Atratividade, indicando a factibilidade da proposta deste trabalho.

Neste cenário, percebeu-se que a permanência da lâmina SU é mais favoravel para a empresa, considerando o período apurado. No entanto, caso a empresa em estudo decida implantar o projeto, é esperado a superação dos lucros referentes à produção dos tratores com a lâmina CD em relação a lâmina SU no ano 8, conforme pode ser visto abaixo na tabela 11, e no gráfico 2:

Tabela 11: Projeção de ganhos possíveis

ANO	LÂMINA SU	LÂMINA CD
1	R\$919.787,48	-R\$837.457,33
2	R\$1.641.189,43	R\$358.715,75
3	R\$2.206.994,88	R\$1.296.890,71
4	R\$2.650.763,86	R\$2.032.714,21
5	R\$2.998.817,96	R\$2.609.830,68
6	R\$3.271.801,57	R\$3.062.471,04
7	R\$3.485.906,36	R\$3.417.483,10
8	R\$3.653.831,69	R\$3.695.923,92
9	R\$3.785.537,82	R\$3.914.308,89
10	R\$3.888.836,76	R\$4.085.591,21
11	R\$3.969.855,53	R\$4.219.930,29
12	R\$4.033.399,66	R\$4.325.294,27
13	R\$4.083.238,20	R\$4.407.932,69
14	R\$4.122.327,24	R\$4.472.747,13

Fonte: Autor (2023)

Gráfico 2: Projeção de ganhos possíveis

Fonte: Autor (2023)

A fim de complementar as análises desse projeto, considerou-se como possibilidade alternativa, a aplicação no mercado financeiro o valor destinado ao investimento do plano, dada à alta taxa de juros do país, se tornando uma opção atrativa para a empresa aumentar o caixa, sem a preocupação com os custos que envolvem a produção do serviço.

Pondere um investimento hipotético em CDB com aporte de mesmo valor ao investido no projeto, aplicados à taxa pré-fixada de 13,75% a.a., aplicados no período de contrato considerado neste estudo (01/01/2024 a 31/12/2026), sem aportes mensais. Será resgatado no dessa aplicação vencimento, conforme tabela abaixo:

Quadro 1: Simulação de Aplicação

Valor Aplicado	R\$ 2.362.578,00	Dias Corridos	1.096
Data da Aplicação	01/01/2024	Dias Úteis	757
Data de Resgate	31/12/2026		
Taxa	13,75%		
Valor de Resgate Bruto	R\$ 3.479.063,86		
IR Sobre o Investimento	-R\$ 167.472,88		
Valor de Resgate Líquido	R\$ 3.311.590,98		
Rendimento Líquido	R\$ 949.012,98		
VPL	R\$ 644.789,47		

Fonte: Autor (2023)

É possível observar no cálculo acima, que o rendimento do valor aplicado é R\$ 949.012,98, e, seu VPL é R\$ 644.789,47. Apesar dos ganhos não serem os mesmos ou superiores aos potenciais obtidos com a atividade produtiva, ainda podem gerar valores significativos para o caixa da empresa.

7 CONCLUSÃO

No presente trabalho, buscou-se analisar a viabilidade de se realizar a substituição de lâmina SU de capacidade 27,2 m³ de um trator de esteiras D11, por uma lâmina modelo CD de capacidade 43,6 m³. Para a execução do estudo, foi necessário realizar o orçamento das peças necessárias para substituição, orçamento do frete, realização medições dos volumes de produção de cada modelo considerando levantamentos topográficos e análise dos indicadores financeiros.

Os meios recorridos neste estudo de viabilidade expõem dados para auxiliar a tomada de decisão mais coerente, considerando as condições do cenário que a empresa está inserida e a sensibilidade de alguns dados.

Assim, avaliando os dados expostos, é possível afirmar que o projeto retorna lucro no período apurado em questão, no entanto, não é viável realizar esse investimento para o período de 3 anos, pois os ganhos são inferiores aos valores utilizando a lâmina atual.

Caso a empresa em questão estenda seu contrato no projeto minerário no qual está inserida, o plano deste trabalho se torna mais lucrativo a partir do 8º ano de atividade, considerando, logicamente, os valores, taxas e variáveis aqui firmados. Neste caso, a empresa pode ou não obter lucro anteriormente a este ano, a depender dos valores contratuais acordados na renovação, além da imprevisibilidade de variações cambiais, alterações governamentais e evolução econômica do país.

Na busca por abranger um maior número de possibilidades que podem ocorrer, é indicado como alternativa, para a empresa investir em títulos financeiros o valor que seria gasto na implantação do projeto, conforme foi visto na simulação que retornou um rendimento líquido de R\$ 949.012,98. Sendo assim, a empresa pode almejar assegurar a estabilidade de caixa, não se comprometendo com custos desnecessários.

Apesar de todo o estudo por trás dados e indicadores de viabilidade, existe um determinado grau de incerteza nas informações utilizadas, tendo em vista que é difícil prever com exatidão as demandas futuras, como por exemplo, os planos de produção da contratante, a demanda de commodities do mercado e, até mesmo, alterações no ambiente de mina que podem impactar nas variáveis fixadas neste estudo, bem como a volatilidade do mercado financeiro, que pode levar ao barateamento ou encarecimento de implantação do projeto.

Além dos pontos comentados acima, deve-se considerar também o risco potencial de redução da vida útil dos componentes do equipamento devido ao esforço adicional gerado pela implementação da lâmina CD, portanto, existe a necessidade de manter um acompanhamento frequente da performance dos comandos finais, transmissão e motor diesel. Esse acompanhamento pode ser realizado através de medições de temperatura, verificações de parâmetros de refrigeração, lubrificação e etc, e análise de óleo para monitorar o desgaste desses componentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAL. Associação Brasileira do Alumínio. **Bauxita no Brasil: Mineração Responsável E Competitividade**. São Paulo, 2017.
- ANJOS, F. V. e SILVA, J. B. (1983). **As usinas de produção de alumínio da ALCAN no Brasil – processo Bayer para produção de alumina e os processos eletrolíticos para a produção de alumínio**. In: As usinas brasileiras demetalurgia extrativa dos metais não-ferrosos, ABM, São Paulo.
- ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e Valor**. 5^a ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Atlas, 2003.
- ASSAF NETO, A; LIMA, F. G. **Curso de Administração Financeira**. 2^a ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- BRASIL. Agencia Nacional De Mineração. **Sumário Mineral Brasileiro 2018**. [Brasília]: Agencia Nacional de Mineração, 10 jan. 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2018>>. Acesso em: 04 jan. 2023.
- BRASIL. **Banco Central do Brasil. Panorama Econômico**. [Brasília]: Banco Central do Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/>. Acesso em: 02 jan. 2023.
- BREALEY, R. A.; MYERS, S. C.; ALLEN, F. **Princípios de Finanças Corporativas**; tradução: Celso Roberto Paschoa; revisão técnica: João Carlos Douat. 10 ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- CATALANI, Guilherme; RICARDO, Helio de S. **Manual Prático de Escavação: Terraplanagem e Escavação de Rocha**. 3.ed. Ed. Pini, 2007. 653p
- CATERPILLAR, INC. Arranjo de Buldozer. www.sis2.com.br, 2023. Disponível em: <<https://sis2.cat.com/#/detail?tab=parts&serialNumber=tpb&ieSystemControlNumber=SEBP49670812&productStructureId=00001585>>. Acesso em: 05 mai. 2023.
- CATERPILLAR, INC. **Manual de Produção Caterpillar®**. 48^a ed., Peoria, EUA, 2018, p. 19-57.

CATERPILLAR, INC. *D11 Trator de Esteira. Folheto de Especificações Técnicas*, Caterpillar, 2019.

CATERPILLAR, INC. *854K Trator de Rodas. Folheto de Especificações Técnicas*, Caterpillar, 2013.

CERIBELI, H. B.; AGUIAR, P. H. M. F. de. **Sistemas de automação a serviço da gestão do conhecimento: um estudo de caso no setor de mineração**. Revista ADM.MADE, v.20, n. 2, p. 107-128, 2015.

CURI, A. **Lavra de minas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. p. 113-123.

DARLING, P. **Mining Engineering Handbook. 3 ed.** United States: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2011.

Ferreira, L. F. M. **Avaliação de três cenários operacionais no decapeamento da lavra de bauxita de Paragominas – PA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas e Meio Ambiente) – Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente. Marabá: UFPA, 2012.

FONSECA, Y. D.; BRUNI, A. L. **Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura**. Repositório Institucional da UFBA, 2010.

GITMAN, L. J. **Princípios da Administração Financeira. 12. ed.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira. 2. ed.** Porto Alegre : Bookman. 2001.

HARTMAN, H *et al.* **SME Mining Engineering Handbook. 2ª ed – Vol. 1 e 2.** Society for Mining, Metallurgy and Exploration. Inc.: Ann Arbor, MI, USA, 1992.

HARTMAN, H. L.; MUTMANSKY, J. M. **Introductory Mining Engineering. 2ª. ed.** New Jersey: John Willy & Sons Inc., 2002.

LUZ, A. B.(Ed.); LINS, F. A. F.(Ed). **Rochas & minerais Industriais: usos e especificações**. 2.Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.

MÁRTIRES, Raimundo A.C. Alumínio. **Sumário Mineral, Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM**. Brasília, 2008.

MEDINA, A.S., **Uma Proposta De Metodologia Para A Extração Semi-automática De Formas Arquitetônicas Planas Utilizando Dados Provenientes De Laser Escaner**

Terrestre, Teste Doutorado, 2012. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/28360/R%20-%20T%20%20ALEX%20SORIA%20MEDINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 03 mai. 2023.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Perfil da Mineração de Bauxita**. Relatório Técnico 22. Projeto Estal, 2009. Disponível em: http://antigo.mme.gov.br/documents/36108/448620/P11_RT22_Perfil_da_Minerao_de_Bauxita.pdf/399bb52a-90df-5b2a-e634-b06ecb1e3008?version=1.0>. Acesso em: 10 mai. 2023.

MONTEIRO, C.C.; SILVA, J.P.A. *Alumínio. Sumário Mineral*, ANM, 2018.

RICARDO, H. S.; CATALANI, G. **Manual prático de escavação: terraplenagem e escavação de rocha**. 3ª ed. São Paulo: Pini, 2007.

ROCHA, A. C. P. **Aplicações do Scanner a Laser I-SITE para Levantamentos Topográficos**. R. Esc. Minas, Ouro Preto, p. 307-311, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/6fNPPpSR3w8gq5LDCwXBPNh/?lang=pt#:~:text=Dadas%20%C3%A0s%20caracter%C3%ADsticas%2C%20o%20sistema,tetos%20e%20galerias%20irregulares%2C%20etc.>>. Acesso em: 12 mai. 2023.

RODRIGUES, M. P. ; MACHADO, M. ; LACEY J., COSTA JR C. A. **Estimativa do custo de capital próprio de pequenas empresas através do CAPM**. III EGEPE; Brasília; BRASIL, 2003.

SAMPAIO, J.A.; ANDRADE, M.C.; DUTRA, A.J.B. **Bauxita. In: Rochas & Minerais Industriais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005.

RICARDO, H. D. S.; CATALANI, G. **Manual Prático de Escavação**. 3ª. ed. São Paulo: Pini Ltda, 2007.

SILVA, E. L. **Análise da produtividade do trator de esteira D11 em função do ângulo de corte com software DOZSIM durante o decapeamento da camada de estéril da mina de bauxita da Mineração Paragominas S. A.** (Trabalho de conclusão de curso). Universidade do Sul e do Sudeste do Pará. Marabá, 2014.

TITMAN, S.; MARTIN, J. D. **Avaliação de projetos e investimentos: valuation**; tradução: Heloísa Fontoura; revisão técnica: Luiz Eduardo T. Brandão. Porto Alegre: Bookman, 2010.