



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**TRABALHO DE LICENCIATURA**

**Estudo de Viabilidade Técnica e Económica para a Implantação de uma Indústria  
Siderúrgica na Província de Tete**

**Autor:**

José, Enoque João

**Supervisor:**

Prof. Doutor Eng<sup>o</sup> Tomás Massingue

Maputo, Outubro de 2025



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**TRABALHO DE LICENCIATURA**

**Estudo de Viabilidade Técnica e Económica para a Implantação de uma Indústria  
Siderúrgica na Província de Tete**

**Relatório submetido ao Departamento  
de Engenharia Mecânica, Faculdade  
de Engenharia, da Universidade  
Eduardo Mondlane, como requisito  
parcial para a obtenção do grau de  
Licenciatura em Engenharia Mecânica.**

**Autor:**

---

(José, Enoque João)

**Supervisor:**

---

(Prof. Doutor Eng<sup>o</sup> Tomás Massingue)

Maputo, Outubro de 2025



**Estudo de Viabilidade Técnica e Económica para a Implantação de uma  
Indústria Siderúrgica na Província de Tete – Enoque João José**



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DO TRABALHO DE**  
**LICENCIATURA**

Declaro que o estudante Enoque João José, com código **20202482**, entregou no dia \_\_\_/\_\_\_/2025 as três (3) cópias do relatório de Trabalho de Licenciatura intitulado: **Estudo de Viabilidade Técnica e Económica para a Implantação de uma Indústria Siderúrgica na Província de Tete.**

Maputo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2025

Chefe da Secretaria

---

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu, Enoque João José, declaro, sob palavra de honra, que o presente trabalho de licenciatura com o tema: Estudo de viabilidade técnica e económica para a implantação de uma indústria siderúrgica na província de Tete, que apresento para o cumprimento dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Mecânica, foi por mim realizado, com base nos recursos que no mesmo se faz referência.

---

(Enoque João José)

## **DEDICATÓRIA**

À minha família especialmente ao Patrício Fernando e Glória Amélia, pelo apoio e sacrifícios ao longo da minha jornada académica e por acreditarem no meu potencial mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus professores, colegas e amigos, pelas partilhas de conhecimento, incentivo e companheirismo.

E, especialmente, a todos aqueles que directamente ou indirectamente estiveram comigo e nunca desistiram de mim independentemente da situação.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por me conceder saúde, força e perseverança ao longo desta jornada académica.

Aos meus pais e familiares, pelo apoio incondicional, pelos sacrifícios feitos em silêncio e por acreditarem no meu potencial mesmo nos momentos de incerteza.

Ao meu supervisor, Prof. Doutor Eng<sup>o</sup> Tomás Massingue, pela orientação técnica, pela paciência e pelas valiosas contribuições que tornaram este trabalho possível.

Aos docentes do curso de Engenharia Mecânica, pela dedicação e pelos ensinamentos transmitidos ao longo da formação.

Aos colegas e amigos, pelas discussões construtivas, partilha de conhecimentos e apoio mútuo ao longo do percurso.

A todas as instituições e profissionais que, de forma directa ou indirecta, colaboraram para a realização deste estudo.

A todos, o meu sincero agradecimento!

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como finalidade estudar a viabilidade técnica e económica da implantação de uma indústria siderúrgica na província de Tete, em Moçambique. A proposta surge da necessidade de reduzir a dependência do país na importação de produtos siderúrgicos e aproveitar os recursos minerais existentes na região, como o minério de ferro e o carvão mineral. O estudo propõe a criação de uma planta industrial com capacidade de produção de 2,2 milhões de toneladas de aço bruto por ano, utilizando uma rota produtiva integrada, com processos que vão desde a pelotização e coqueificação até à laminação. Foram analisados dois cenários, um conservador e outro optimista, com base nos quais foram calculados os indicadores económicos como o Valor Actual Líquido (VAL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno (TR). Os resultados obtidos indicam que o projecto é viável em ambos os cenários, apresentando VAL positivo, TIR superior à taxa mínima de atractividade e retorno do investimento dentro da vida útil da planta. A localização estratégica em Tete, aliada à proximidade de recursos e à presença de infra-estruturas como a Hidroeléctrica de Cahora Bassa e a linha férrea de Sena, reforça o potencial logístico e operacional do empreendimento. Espera-se que a implementação da indústria contribua significativamente para o desenvolvimento económico da região, promovendo a criação de empregos, capacitação técnica e valorização dos recursos naturais moçambicanos.

**PALAVRAS – CHAVE:** Siderurgia. Indústria do Aço. Viabilidade económica. Província de Tete.

## **ABSTRACT**

The present study aims to assess the technical and economic feasibility of establishing a steel industry in the province of Tete, Mozambique. The proposal arises from the need to reduce the country's dependence on the importation of steel products and to take advantage of the mineral resources available in the region, such as iron ore and coal. The study proposes the creation of an industrial plant with a production capacity of 2.2 million tonnes of crude steel per year, using an integrated production route, with processes ranging from pelletizing and coking to rolling. Two scenarios were analyzed, a conservative one and an optimistic one, based on which economic indicators such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Payback Period (PP) were calculated. The results indicate that the project is viable in both scenarios, presenting a positive NPV, an IRR higher than the minimum acceptable rate of return, and investment recovery within the useful life of the plant. The strategic location in Tete, combined with the proximity to resources and the presence of infrastructure such as the Cahora Bassa Hydroelectric Power Plant and the Sena railway line, strengthens the logistical and operational potential of the project. It is expected that the implementation of the industry will significantly contribute to the economic development of the region, promoting job creation, technical capacity building, and the valorization of Mozambican natural resources.

**KEYWORDS:** Steelmaking. Steel Industry. Economic Feasibility. Tete Province.

## ÍNDICE:

DECLARAÇÃO DE HONRA .....	i
DEDICATÓRIA .....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS: .....	v
ÍNDICE DE QUADROS:.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização .....	1
1.2. Justificativa.....	1
1.3. Objectivos.....	2
1.3.1. Objectivo Geral.....	2
1.3.2. Objectivos específicos .....	2
1.4. Estrutura do trabalho .....	2
1.5. Limitações do estudo .....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Histórico da siderurgia no mundo e em África.....	5
2.2. Processo siderúrgico do aço .....	7
2.2.1. Preparação da carga .....	7
2.2.2. Redução .....	8
2.2.3. Refino – Conversão do ferro-gusa em aço .....	8
2.2.4. Lingotamento e Laminação .....	10
2.3. Matérias primas usadas na siderurgia.....	11
2.3.1. Minério de ferro.....	12
2.3.2. Fundentes.....	12
2.3.3. Adições .....	13
2.3.4. Combustíveis .....	13
2.4. Análise do mercado do aço e do ferro fundido.....	13

2.4.1.	Barreiras e Oportunidades no Desenvolvimento do Mercado do Aço e do Ferro Fundido em Moçambique .....	15
3.	METODOLOGIA .....	17
3.1.	Tipo de estudo.....	17
3.1.1.	Estudo Descritivo .....	17
3.1.2.	Estudo Exploratório-Documental .....	17
3.1.3.	Estudo técnico-económico.....	17
3.2.	Fontes e métodos de recolha de dados.....	18
3.2.1.	Fontes de recolha dados.....	18
3.2.2.	Método de recolha de dados .....	18
3.3.	Justificação das premissas técnicas e económicas.....	19
3.3.1.	Premissa Conservadora .....	19
3.3.2.	Premissa Optimista .....	19
3.4.	CrITÉrios de selecção dos parâmetros CI e CO .....	20
3.5.	Métodos de cálculo usados para VAL, TIR e tempo de retorno .....	20
3.5.1.	Métodos de cálculo usado para VAL .....	20
3.5.2.	Métodos de cálculo usado para TIR .....	22
3.5.3.	Tempo de retorno.....	22
3.6.	Tratamento, Comparação e validação dos dados económicos.....	23
3.6.1.	Tratamento e processamento das informações financeiras.....	23
3.6.2.	Comparação das informações .....	23
3.6.3.	Validação do projecto e indicadores .....	24
4.	DEFINIÇÃO DO PROJECTO INDUSTRIAL .....	25
4.1.	Capacidade produtiva estimada .....	25
4.2.	Escolha do processo Produtivo.....	25
4.3.	Descrição dos sectores Industriais.....	26
4.4.	Fluxo Produtivo .....	29
5.	VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÓMICA DO PROJECTO .....	34
5.1.	Parâmetros de Mercado e Volume de Produção .....	34
5.2.	Estimativa dos dados económicos com base nas premissas .....	34
5.3.	Indicadores de viabilidade .....	39
6.	PLANO DE NEGÓCIO DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA.....	43

6.2.1.	Caracterização da província de Tete .....	43
6.2.2.	Escolha da região.....	44
6.6.1.	Estrutura Operacional.....	48
6.6.2.	Cálculo da Produção Diária e Mensal .....	49
6.6.3.	Fase de <i>Ramp-Up</i> e Estabilização .....	49
6.6.4.	Proposta de expansão Futura .....	50
7.	AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIOECONÓMICOS DA IMPLANTAÇÃO DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA EM TETE .....	52
7.1.	Impactos Ambientais e Medidas Mitigadoras .....	52
7.2.	Impactos socioeconómicos .....	55
8.	DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....	58
9.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	61
9.1.	Conclusões.....	61
9.2.	Recomendações .....	61
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
	APÊNDICES .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS:

<b>Fig. 2-1:</b> Esquema do processo produção do aço e do ferro fundido (Fonte: <a href="https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/files/2016/05/6.png">https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/files/2016/05/6.png</a> ). .....	7
<b>Fig. 2-2:</b> Processo de redução do ferro gusa no alo forno (Fonte: <a href="http://www.defatoonline.com.br">www.defatoonline.com.br</a> ). .....	8
<b>Fig. 4-1:</b> Fluxo do processo produtivo inicial (Adaptado pelo autor).....	30
<b>Fig. 4-2:</b> Fluxo do processo produto da indústria ampliada (Adaptado pelo autor). ....	32
<b>Fig. 5-1:</b> Preço do aço laminado a quente, consultando em 27 de Junho de 2025. Fonte: Trading Economics. ....	35
<b>Fig. 5-2:</b> Projecção resultados líquidos acumulados ao longo dos 20 anos (análise conservadora).....	40
<b>Fig. 5-3:</b> Projecção resultados líquidos acumulados ao longo dos 20 anos (análise optimista).....	41
<b>Fig. 6-1:</b> Localização prevista para implantação da indústria (Fonte: <i>Google Earth</i> )...	44

## ÍNDICE DE QUADROS:

<b>Quadro 2-1:</b> Maiores produtores mundiais do aço. Fonte: World Steel Association (December 2024 crude steel production and 2024 global crude steel production total). .	5
<b>Quadro 6-1:</b> Fases do <i>Ramp-up</i> e estabilização. ....	49
<b>Quadro 3-1:</b> Finalidade de comparacao do CO. ....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
<b>Quadro 3-2:</b> Regras de validação do projecto. ....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
<b>Quadro 8-1:</b> Impacto na viabilidade do projecto dos diferentes tipos de risco. ....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

CI	Custo de implantação
EUA	Estados Unidos da América
FEA	Forno Eléctrico a Arco
INE	Instituto Nacional de Estatística
IRPC	Imposto sobre o Rendimento de Pessoas Colectivas
LD	Linz Donawitz
MTPA	Milhões de Toneladas por Ano
NUIT	Número Único de Identificação Tributária
CO	Custos operacionais
RDA	Redução Directa do Aço
SA	Sociedade Anónima
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atractividade
TR	Tempo de Retorno
VAL	Valor Actual Líquido
CC	Custo de capital

## LISTA DE SÍMBOLOS

$A_n$	Amortização Anual
$CO_n$	Custos operacionais no ano n
$FC_n$	Fluxo de Caixa no ano n
$Imposto_n$	Imposto no ano n
$K_d$	Taxa de juros para crédito
$P_{Diaria}$	Taxa de juros para crédito
$P_{Mensal}$	Produção Mensal
$RAI_n$	Resultados Antes dos Impostos no ano n
$RL_{Acumulado}$	Resultados Líquidos Acumulados
$RL_n$	Resultados Líquidos no ano n
$Venda_n$	Vendas no ano n
$V_{Residual}$	Valor Residual
$i$	Taxa Interna de Retorno

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1.Contextualização

A indústria siderúrgica é o sector responsável pela produção de aço que é um material versátil que é amplamente utilizado em muitas indústrias, incluindo a construção civil, a automotiva, a naval e a de equipamentos. A indústria siderúrgica é uma das mais importantes e dinâmicas do mundo e tem uma grande importância económica para muitos países (WCONEX, 2023).

Em Moçambique, apesar do potencial mineral existente, particularmente na província de Tete, ainda se verifica uma grande dependência da importação de produtos siderúrgicos, o que gera custos elevados, especialmente no caso do aço.

A província de Tete destaca-se como uma das mais promissoras em termos de recursos naturais, com reservas consideráveis de minério de ferro, carvão mineral e outros minerais metálicos. Além disso, a presença de projectos de geração de energia, como a Hidroeléctrica de Cahora Bassa, oferece condições favoráveis à instalação de unidades industriais de grande porte.

## 1.2.Justificativa

A escolha do tema “**Estudo de Viabilidade Técnica e Económica para a Implantação de uma Indústria Siderúrgica na Província de Tete**” deve-se ao seu potencial estratégico de transformação socioeconómica. A região dispõe de recursos naturais essenciais, como carvão mineral e minério de ferro, actualmente exportados sem agregação de valor por meio da transformação local da própria matéria prima. A região também possui vantagens logísticas, como o acesso a portos e à energia proveniente da Hidroeléctrica de Cahora Bassa.

Para além do exposto acima, o projecto alinha-se com a política nacional de industrialização, diversificando a economia, reduzindo as importações do aço e atendendo a demanda regional. Além disso, promove inclusão social por meio da geração de empregos e a capacitação técnica.

A produção do aço na província de Tete visa agregar valor aos recursos locais, o que irá posicionar Moçambique na rota dos maiores produtores do aço na África Austral, fortalecendo a economia industrial e integrando o crescimento económico aos princípios de sustentabilidade e a inclusão social.

Este projecto cujo tema “**Estudo de Viabilidade Técnica e Económica para a Implantação de uma Indústria Siderúrgica na Província de Tete**” é realizado no âmbito de trabalho de fim do curso de Licenciatura em Engenharia Mecânica da Universidade Eduardo Mondlane, com os objectivos indicados abaixo.

### **1.3.Objectivos**

#### **1.3.1. Objectivo Geral**

- Fazer o estudo do projecto de uma indústria siderúrgica para a produção do aço na província de Tete.

#### **1.3.2. Objectivos específicos**

- Analisar o mercado do aço e do ferro fundido;
- Definir o fluxo produtivo da planta tendo em conta a capacidade de produção;
- Estudar a viabilidade técnica e económica do projecto;
- Estabelecer o plano de negócio do aço e do ferro fundido;
- Avaliar os impactos socioeconómicos e ambientais.

### **1.4.Estrutura do trabalho**

O presente trabalho encontra-se organizado em nove capítulos, estruturados de forma lógica e sequencial, permitindo uma compreensão integrada dos aspectos técnicos, económicos e ambientais relacionados à implantação de uma indústria siderúrgica na província de Tete.

O Capítulo I apresenta a introdução geral, incluindo a contextualização do tema, a justificativa, os objectivos da pesquisa e as limitações do estudo.

O Capítulo II corresponde à revisão bibliográfica, abordando o histórico da siderurgia, os processos produtivos do aço, as matérias-primas utilizadas e a caracterização do mercado siderúrgico.

O Capítulo III descreve a metodologia adoptada, abrangendo o tipo de estudo, as fontes e métodos de recolha de dados, bem como a fundamentação das premissas técnicas e económicas utilizadas na análise.

O Capítulo IV define o projecto industrial, apresentando a capacidade produtiva estimada, a escolha da rota tecnológica, a descrição dos sectores industriais e o fluxo produtivo da planta.

O Capítulo V trata da análise de viabilidade técnica e económica, com destaque para os parâmetros de mercado, custos operacionais, receitas previstas e cálculo dos indicadores financeiros (VAL, TIR e tempo de retorno).

O Capítulo VI desenvolve o plano de negócio da indústria siderúrgica, com foco na localização, estrutura operacional, estimativas de produção e propostas de expansão futura.

O Capítulo VII avalia os impactos ambientais e socioeconómicos associados ao projecto, apresentando também as medidas mitigadoras necessárias.

O Capítulo VIII apresenta a discussão dos resultados obtidos, interpretando os indicadores técnicos e financeiros relacionando com os objectivos do estudo.

O Capítulo IX sintetiza as conclusões e recomendações, destacando os principais achados e apontando direcções para futuras investigações ou implementação do projecto.

Por fim, são incluídas as referências bibliográficas, apêndices e anexos, que reúnem informações complementares e documentos de suporte técnico e documental ao trabalho.

Ao longo do documento são apresentadas 8 figuras e 5 quadros os quais ilustram e enriquecem a compreensão dos processos, dados e resultados analisados.

### **1.5.Limitações do estudo**

O presente estudo foi elaborado considerando as seguintes limitações e delimitações:

- **Acesso a Dados e Informações Actualizadas**

O estudo baseia-se em dados secundários e fontes públicas que, embora relevantes, podem não reflectir as variações mais recentes do mercado ou avanços tecnológicos no sector siderúrgico. Dessa forma, as projecções financeiras e operacionais estão sujeitas à actualização conforme novos dados se tornem disponíveis.

- **Delimitação Geográfica e Sectorial**

O enfoque principal do projecto é a implantação de uma indústria siderúrgica na província de Tete, Moçambique, considerando as condições geológicas, logísticas e de mercado presentes nesta região. Embora sejam mencionadas oportunidades para a expansão para o mercado regional, a análise não contempla, de forma detalhada, os desafios específicos de cada um desses mercados.

- **Análise e Projecções Financeira**

As projecções de viabilidade económica e financeira foram realizadas com base em um tempo de vida útil de 20 anos. Esse período foi escolhido considerando a vida útil típica das instalações industriais, mas pode não corresponder com precisão os eventuais cenários de longo prazo, como inovações que possam interferir no processamento siderúrgico ou mudanças repentinas na economia global.

- **Limitações Metodológicas**

A metodologia adoptada utilizou abordagens descritivas e exploratórias, com base na revisão bibliográfica e em dados secundários. A ausência de estudos de campo e de entrevistas com especialistas limitou a profundidade das análises sobre aspectos operacionais e a percepção real das barreiras e oportunidades no sector.

- **Aspectos Regulatórios e Políticos**

As premissas relativas a incentivos governamentais, políticas de industrialização e taxas de juros adoptadas para os cálculos de viabilidade foram assumidas como estáveis. Alterações significativas no ambiente regulatório ou político poderão impactar directamente os custos e a execução do projecto.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Histórico da siderurgia no mundo e em África

A siderurgia tem suas origens na antiguidade, quando o homem descobriu a arte de extrair o ferro dos minérios e convertê-lo em objectos úteis como armas e ferramentas simples (Sousa, 2023).

No entanto, foi somente durante a revolução industrial, nos séculos XVIII e XIX, que a siderurgia ganhou escala com o surgimento de novos processos de produção. Um dos grandes avanços desse período foi o processo de Bessemer, criado por Henry Bessemer no ano de 1850. Esse engenheiro inglês desenvolveu uma técnica que tornou a fabricação do aço mais rápida e eficiente, o que contribuiu para a sua ampla utilização na construção urbana e consolidou o material como uma das opções mais económicas e vantajosas do mercado (Bepex, 2025).

Com o tempo, novas tecnologias como o conversor LD (Linz-Donawitz), o forno eléctrico a arco (FEA) e o processo de redução directa do aço (RDA) tornaram a produção mais eficiente e adaptável. A produção mundial de aço envolve diversos países, com destaque para China, Índia, Estados Unidos e Japão, que estão entre os principais produtores. Essas nações desempenham um papel fundamental ao fornecer grandes quantidades de aço, influenciando fortemente os resultados globais do sector (Perfipar, 2025).

Actualmente, a China lidera com mais de 50% do aço produzido globalmente, impulsionada por grandes investimentos em infra-estruturas e políticas industriais agressivas.

O Quadro 2-1 apresenta os dez países que são os maiores produtores de aço a nível mundial.

**Quadro 2-1:** Maiores produtores mundiais do aço. *Fonte: World Steel Association (December 2024 crude steel production and 2024 global crude steel production total).*

País	Milhões de T/ano	País	Milhões de T/ano
China	1005,1	Correia do Sul	63,5
Índia	149,6	Alemanha	37,2
Japão	84	Turquia	36,9
EUA	79,5	Brasil	33,7
Rússia	70,7	Irão	31

Com o quadro acima nota-se claramente que a China é uma potência bem isolada no sector de produção de aço, isto deve-se ao facto de possuir uma das maiores jazidas de carvão mineral no mundo, além da forte demanda do aço no sector da construção.

A indústria siderúrgica actual está focada em se tornar mais sustentável, adoptando medidas em que são reduzidos os impactos ambientais, com o uso eficiente de energia e incentivem a reciclagem de materiais. O sector busca minimizar a emissão de gases de efeito estufa, adoptar tecnologias mais limpas e reaproveitar resíduos, transformando-os em subprodutos para outras indústrias. Além disso, o uso de matérias-primas recicladas, como sucata metálica de aço, tem papel fundamental na redução do consumo de recursos naturais e na preservação ambiental (Kalenborn, 2024).

A industrialização do continente africano avançou pouco nos últimos 40 anos. Embora tenha havido algum progresso limitado na diversificação e no valor agregado das exportações, o desempenho da África ainda fica muito atrás de outras regiões e continua dependente principalmente nas exportações de matérias-primas (Acheoampong & Vitenu-Sackey, 2024).

A África do Sul lidera a produção de aço no continente africano, com Egipto, Nigéria e Argélia ocupando posições seguintes. Esse avanço no sector siderúrgico está ligado ao crescimento de obras de construção, aos maiores investimentos em infra-estruturas e ao desenvolvimento da indústria local (Expert Market Research, 2025).

A expansão deste mercado e da indústria do aço é impulsionada pela demanda interna, por investimentos internacionais e por políticas governamentais de fomento. Uma tendência crucial é a transição da exportação de matérias-primas para a produção de aço processado e produtos siderúrgicos finais dentro do continente.

Este movimento estratégico reforça a presença africana no mercado regional, ao mesmo tempo que estimula a criação de empregos, beneficia sectores industriais locais e reduz a dependência de importações. Tal dinâmica é complementada pela busca por maior eficiência operacional através da adopção de tecnologias modernas (Expert Market Research, 2025).

Com grandes reservas minerais e uma crescente demanda por aço, África possui um potencial significativo para o desenvolvimento de sua indústria siderúrgica.

## 2.2. Processo siderúrgico do aço

O processo siderúrgico é visto como a metalurgia do ferro e suas ligas, ou seja, a arte de extrair dos minérios os metais como o aço e o ferro fundido, elaborá-lo e conformá-lo com o fim de produzir os objectos necessários para humanidade. A metalurgia do ferro consiste essencialmente na redução dos óxidos do minério de ferro, mediante o emprego de um redutor, que é um material à base de carbono (o carvão), o qual actua igualmente como combustível e, indirectamente, supridor do carbono para as ligas ferro-carbono de alto carbono, que são os principais produtos do alto-forno. (Matos, 2015)

Para a obtenção dos produtos siderúrgicos existem um fluxograma a seguir. Esse fluxograma é representado na Fig. 2-1.

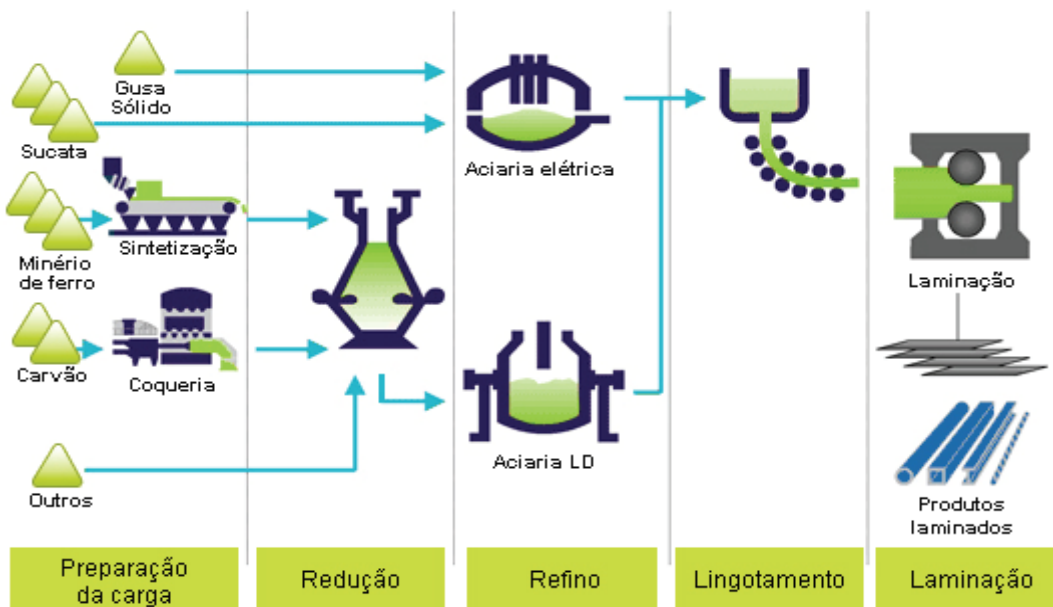


Fig. 2-1: Esquema do processo produção do aço e do ferro fundido (Fonte: <https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/files/2016/05/6.png>).

### 2.2.1. Preparação da carga

Nessa etapa, o minério é britado e moído para reduzir seu tamanho e facilitar a separação dos minerais indesejados. Em seguida, ocorre a concentração do minério, onde são aplicados processos físico-químicos para separar os minerais de ferro dos demais componentes, esse processo pode ser de pelotização ou sintetização (Oeste Comercial de Ferro e Aço, 2023).

A coqueificação é um processo que envolve o aquecimento do carvão mineral na ausência de oxigênio, até temperaturas próximas de 1100°C. Esse aquecimento provoca uma

decomposição térmica do material, resultando em subprodutos gasosos e líquidos (materiais voláteis) e também resíduos sólidos ricos em carbono, cheio de poros grandes e muito resistente denominado coque (Centro de Gestão e Estudo Estratégicos, 2008).

### 2.2.2. Redução

O alto-forno é um tipo de forno empregado na produção de ferro-gusa, pela fusão redutora de minérios de ferro em presença de carvão vegetal ou coque e pela presença de certos fundentes. O ferro-gusa produzido no alto-forno é uma liga de alto teor de carbono. O processo de redução ocorre da seguinte maneira:

A mistura de minério de ferro, fundentes e carvão é introduzida no alto-forno e, a partir da combustão do carvão, a temperatura no forno tende a aumentar até atingir cerca de 1500° C. A essa temperatura, os óxidos de ferro sofrem a redução, ou seja, o oxigênio é eliminado do minério de ferro dando-se a produção do ferro-gusa e da escória que é subproduto da combinação do fundente com impurezas que se separa do ferro-gusa pela diferença de massas específicas.

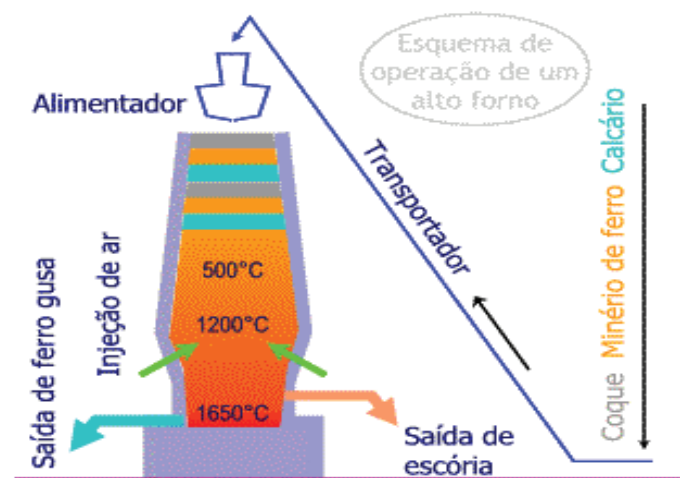


Fig. 2-2: Processo de redução do ferro gusa no alo forno (Fonte: [www.defatoonline.com.br](http://www.defatoonline.com.br)).

### 2.2.3. Refino – Conversão do ferro-gusa em aço

A refinação do aço ou a conversão do ferro-gusa em aço pode dar-se em dois tipos de conversores, também denominados aciarias.

O ferro-gusa, rico em carbono e impurezas, é convertido em aço através de processos de oxidação, diminuindo a concentração de carbono e eliminando impurezas como o enxofre. Essa transformação dá-se através da injeção de oxigênio puro entre

temperaturas que variam de 1250°C à 1700°C sob pressão no banho de gusa líquido dentro de um conversor.

Os elementos de liga ajustam características químicas específicas do aço e as propriedades do material a ser obtido.

Os principais métodos de conversão incluem:

- **Conversores de Bessemer:**

Neles, o ar comprimido é insuflado para uma câmara localizada na parte inferior do forno, reduzindo o teor de carbono e impurezas em aproximadamente 20 minutos. O oxigénio do ar reage com os elementos presentes no ferro-gusa, como carbono, manganês, silício e fósforo, causando uma série de reacções químicas exotérmicas. A composição do ferro-gusa é alterada, resultando em um aço com menor teor de carbono. (Bepex, 2025)

No entanto, o Processo Bessemer apresenta algumas desvantagens, como a dificuldade de controlar exactamente a quantidade de impurezas removidas e a liberação de gases tóxicos, o que pode ser prejudicial ao meio ambiente.

- **Conversores LD (Linz-Donawitz):**

O ferro-gusa é colocado em um forno revestido com material refractário. O Oxigénio puro é soprado através de uma lança localizada na parte superior do forno, a uma velocidade de aproximadamente 1000 m/s. As altas taxas de fluxo de oxigénio garantem uma oxidação intensa das impurezas.

Este tipo de conversor apresenta como vantagens uma grande eficiência, redução significativa do tempo de operação e possibilidade de produzir aços de alta pureza. No entanto, a necessidade de oxigénio puro e a complexidade do controlo do processo são pontos que devem ser considerados.

- **Fornos Eléctricos:**

Neste processo, o ferro-gusa ou as sucatas de aço são derretidos mediante a aplicação de corrente eléctrica de alta voltagem através de eléctrodos feitos a partir de grafite. Tendo como principais as seguintes:

### **1ª Etapa: Carga do forno**

O ferro-gusa, junto com outros materiais como sucatas de aço e ferro-liga, são colocados no interior do forno.

### **2ª Etapa: Aquecimento por arco eléctrico**

Os eléctrodos são aproximados do material, gerando um arco eléctrico que aquece o material até temperaturas elevadas geralmente entre 1600°C e 1800°C.

### **3ª Etapa: Refino**

Oxigénio ou outros gases são soprados para remover impurezas, como carbono, silício e manganês.

Este processo é altamente versátil, permitindo a produção de pequenas quantidades de aço com alta pureza. No entanto, o consumo de energia eléctrica é significativo, o que pode tornar o processo menos económico em algumas regiões. Após o refino, o aço líquido é vazado em painéis onde são adicionados elementos de liga havendo assim a desoxidação. Esta mistura confere ao aço as propriedades mecânicas especificadas para o produto. Em função da aplicação desejada, o aço líquido ainda poderá passar por um refino secundário, no forno ou em uma panela, para ajuste fino da temperatura, composição química e limpeza (Sacchelli, 2023).

#### **2.2.4. Lingotamento e Laminação**

Após o refino do aço, o próximo passo é o lingotamento, que consiste na solidificação do aço líquido em formas padronizadas, denominados lingotes. Esses lingotes são posteriormente utilizados como matéria-prima para a fabricação de produtos semiacabados ou acabados. O lingotamento pode ser classificado em dois tipos principais:

- Lingotamento contínuo e
- Lingotamento semi-contínuo.

No lingotamento contínuo, o aço líquido é vertido continuamente em um molde, onde solidifica enquanto se move em direcção à saída. Já no lingotamento semi-contínuo, o aço líquido é despejado em moldes fixos, onde permanece até solidificar completamente.

Independentemente do tipo de lingotamento, os materiais primários utilizados nesta etapa são fundamentais para garantir a qualidade do produto final. Entre os principais materiais primários, destacam-se:

- **Aço líquido** - é, evidentemente, o principal material utilizado no lingotamento. A sua composição química e temperatura são cruciais para determinar as propriedades do lingote final.
- **Moldes** - são recipientes nos quais o aço líquido é despejado e solidificado. São geralmente fabricados em aço refractário ou outros materiais resistentes a altas temperaturas.
- **Revestimentos** - para evitar a aderência do aço líquido ao molde e facilitar a remoção do lingote após a solidificação, são utilizados revestimentos especiais, que podem ser à base de grafite, sílica ou outros compostos cerâmicos.
- **Inoculantes** - em alguns casos, são adicionados inoculantes ao aço líquido para controlar o processo de solidificação e garantir que o lingote apresente uma microestrutura uniforme e sem defeitos.

Após o lingotamento, os lingotes seguem para a etapa de laminação, onde são submetidos a processos mecânicos que reduzem a sua espessura e os transformam em produtos semiacabados ou acabados como chapas, perfis e barras.

A laminação pode ocorrer a quente ou a frio:

- **Laminação a quente** - realizada a altas temperaturas (acima da temperatura de recristalização do aço), é utilizada para produzir grandes volumes de aço com maior ductilidade sendo ideal para chapas grossas e perfis estruturais.
- **Laminação a frio** - realizada à temperatura ambiente, permite maior precisão dimensional e melhor acabamento superficial sendo comum em chapas finas e aços especiais.

A escolha do tipo de laminação depende da aplicação final do produto e das propriedades desejadas do material.

### **2.3. Matérias primas usadas na siderurgia**

As matérias primas minerais utilizadas no processo de redução para obtenção do ferro-gusa, podem ser classificadas a princípio, em: minérios de ferro, fundentes, adições e combustíveis.

### 2.3.1. Minério de ferro

Segundo (Matos, 2015) é a principal matéria-prima utilizada, pois é dele que se extrai o ferro. Os minerais que contêm ferro em quantidade apreciável são os óxidos, carbonatos, sulfuretos e silicatos. Os mais importantes para a indústria siderúrgica são os óxidos, sendo eles:

**Hematita** - é o tipo mais comum de minério de ferro. Apresenta um teor nominal de 69,5% de ferro, mas este pode variar de 45 a 70% devido a presença de impurezas.

**Magnetita** - apresenta um teor nominal de 72,4% de ferro, com valores reais entre 50 e 70%. É um material de cor cinzento-escuro e possui propriedades magnéticas, o que facilita a sua concentração nas operações de beneficiamento.

**Limonita** - consiste essencialmente em Hematita hidratada na qual a proporção de moléculas de água de hidratação pode variar de 1 a 3%. Em consequência, varia também o teor nominal de ferro, sendo que o teor real normalmente não ultrapassa 65%. Apresenta-se como um material de cor castanho-escuro.

**Siderita** - é um tipo pouco frequente de minérios, ocorrendo normalmente como componente de mistura da hematita, em pequenas proporções. Apresenta-se na fórmula  $\text{FeCO}_3$  (carbonato de ferro), sendo que seu teor real varia de 10 a 40%.

**Pirita** - Também de pouca importância, normalmente aparece como componente de mistura de minérios de outros metais.

O melhor minério de ferro que existe é a Hematita, por conter poucas impurezas nocivas como o fósforo e enxofre. De notar que as impurezas de Manganés e Silício são, geralmente, favoráveis embora o seu teor tenha que ser controlado. A Magnetita é dura e densa, sendo de difícil desoxidação, embora também contenha poucas impurezas nocivas. A Siderita é de fácil desoxidação e tem baixa concentração de impurezas, mas contém menos ferro. A Limonita tem elevada concentração de impurezas (Matos, 2015).

### 2.3.2. Fundentes

A função do fundente é combinar – se com as impurezas do minério e com as cinzas do carvão, formando as chamadas “escórias”. O principal fundente é o calcário ( $\text{CaCO}_3$ ). Estes fundentes também contribuem para baixar o ponto de fusão das impurezas e permitir a remoção das impurezas através da escória.

Os fundentes podem ser:

- **Básicos** (portadores de CaO e/ou MgO) e;
- **Ácidos** (portadores de SiO<sub>2</sub> e/ou Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

### 2.3.3. Adições

As principais matérias primas utilizadas como elementos de adição ao processo de redução são:

**Minério de Manganês** - fornece o magnésio ao ferro-gusa e age como elemento dessulfurante e desoxidante.

**Ilmenita** - fornece titânio, que actua na protecção ao cadinho do alto-forno. Da mesma forma actua a magnetita titanífera, briquetes e concentrados de TiO<sub>2</sub>.

### 2.3.4. Combustíveis

O combustível mais utilizado no processo siderúrgico é o coque, obtido, muitas das vezes, através do processo de coqueificação do carvão mineral.

O Coque é uma substância porosa, celular, heterogénea, sob os pontos de vista químico e físico. A qualidade do coque depende fortemente do carvão mineral do qual se origina e especialmente do seu teor de impurezas

## 2.4. Análise do mercado do aço e do ferro fundido

O Aço e o ferro fundido são materiais metálicos essenciais para o desenvolvimento de diversos sectores industriais, com características físico-químicas distintas e aplicações específicas. Ambos têm grande relevância económica e estratégica, estando amplamente presentes na cadeia produtiva da construção civil, mineração, energia, indústria automotiva, ferroviária, naval e de máquinas e equipamentos.

O aço é uma liga metálica composta principalmente por ferro e carbono, com proporções variadas que conferem propriedades específicas como resistência mecânica, ductilidade e soldabilidade. O mercado global do aço é amplamente dominado pela China, que representou cerca de 53.4% da produção mundial em 2024 (World Steel Association, 2025), sendo que a produção global do Aço bruto atingiu aproximadamente 1882,6 Milhões de toneladas nesse período.

A demanda por aço esta directamente ligada ao crescimento económico, sendo impulsionada principalmente pelos sectores de infra-estruturas e construção civil. Além disso o avanço das tecnologias tem promovido o desenvolvimento de novos tipos de aços, como os aços de alta resistência e os aços galvanizados para energias renováveis e veículos eléctricos.

Em África, a produção de aço bruto concentra-se em poucos países, como África do Sul, Egipto, Nigéria e Argélia conforme o Capítulo 2. Porém, a capacidade instalada do continente é limitada em relação a demanda crescente impulsionada por projectos de urbanização infra-estrutura e industrialização.

O ferro fundido é uma liga de ferro-carbono com teor de carbono superior ao do aço (geralmente acima de 2.11%), sendo produzido em fornos de fundição. Os principais tipos de ferro fundido incluem o ferro fundido cinzento, o ferro fundido branco e o ferro fundido nodular ou dúctil. Este material é amplamente utilizado na fabricação de componentes mecânicos de alta rigidez e resistência ao desgaste.

O custo do ferro fundido chega a ser relativamente baixo o que o torna competitivo para produção em massa. O mercado do ferro fundido é menos volátil que o do aço, com maior concentração em pequenas e médias fundições. Ainda assim, grandes países produtores como China, Índia, EUA e Alemanha são considerados líderes de produção do ferro fundido.

Em Moçambique, tanto os aços assim com o ferro fundido são importados devido a ausência de uma indústria siderúrgica e fundições de grande porte. Contudo, o país possui reservas minerais relevantes, como minério de ferro e carvão metalúrgico, além de um sector industrial que demanda por aço e ferro fundido impulsionado projecto de infra-estruturas, mineração e habitação.

Entretanto, Moçambique apresenta condições geológicas e logísticas favoráveis a implantação de uma indústria siderúrgica para a produção do aço e ferro fundido. Destaca-se a província de Tete, onde se encontram algumas das maiores reservas de carvão metalúrgico e minério de ferro do país. Essa riqueza mineral constitui uma base estratégica para o desenvolvimento de uma cadeia de valor siderúrgica.

A instalação de uma indústria siderúrgica em Tete pode representar um marco significativo para o desenvolvimento industrial de Moçambique. Tal empreendimento

permitiria a agregação de valor aos recursos naturais, geração de empregos qualificado, fortalecimento da economia regional e redução da dependência de importações.

Para que este projecto se concretize, é necessário enfrentar diversos desafios estruturais, incluindo a melhoria da infra-estruturas de transporte e energia, a capacitação de mão de obra local, a criação de um ambiente regulatório atractivo e a mobilização de investimentos nacionais e estrangeiros. Ademais, a incorporação de tecnologias limpas e eficientes será fundamental para garantir a competitividade e a sustentabilidade ambiental do sector siderúrgico moçambicano.

#### **2.4.1. Barreiras e Oportunidades no Desenvolvimento do Mercado do Aço e do Ferro Fundido em Moçambique**

Entre as principais barreiras ao desenvolvimento do mercado do aço e do ferro fundido em Moçambique destacam-se:

- **Infra-estruturas Deficientes** - A carência de infra-estruturas, especificamente estradas, limita a diversificação da economia no país afectando directamente a eficiência e os custos de produção. (Lambo, 2024)
- **Dependência de Importações** - muitos países dependem de tecnologias e equipamentos importados, encarecendo a produção e reduzindo a competitividade global.
- **Questões Ambientais** - Com a transição para uma economia mais sustentável e a busca por redução de emissões de carbono, a indústria siderúrgica tem enfrentado pressões para adoptar práticas mais sustentáveis e produzir aços com menor impacto ambiental (Oeste Comercial de Ferro e Aço, 2023).
- **Educação e Formação** - A falta de mão de obra qualificada nacional impede que se aproveitem ao máximo as reservas dos recursos naturais.

Por outro lado, destacam-se oportunidades como:

- **Exploração de Recursos Naturais** - Países como África do Sul, Moçambique e Marrocos têm acesso a importantes reservas de ferro e outros minerais essenciais. Expandir o beneficiamento local pode agregar valor e criar empregos.
- O Potencial de geração de empregos quer na fase de extracção e transformação, quer nos sectores logísticos, engenharia e manutenção.

- Crescente demanda regional e nacional por produtos siderúrgicos impulsionada pelo aumento dos investimentos em construção civil, infra-estruturas e energia em toda a África Austral.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Tipo de estudo

Quanto ao tipo de estudo trabalho enquadra-se em três estudos principais:

##### 3.1.1. Estudo Descritivo

O estudo descreve de forma sistemática o sector siderúrgico, os recursos minerais existentes em Tete, os processos industriais envolvidos (pelotização, alto-forno, refinação, lingotamento e laminação) e a estrutura de custos típica da siderurgia. Diz-se descritivo porque organiza e apresenta informações técnicas e económicas para caracterização da própria indústria.

##### 3.1.2. Estudo Exploratório-Documental

Baseia-se na análise de documentos, artigos científicos, relatórios indústrias, estatísticas internacionais, dados económicos e normativos.

É exploratório porque o objectivo é aprofundar o entendimento sobre o mercado do aço, o potencial da província de Tete e as melhores práticas técnicas sem trabalho de campo ou recolha primária.

##### 3.1.3. Estudo técnico-económico

O presente trabalho configura-se como um estudo técnico-económico, desenvolvido com o objectivo de avaliar simultaneamente a viabilidade técnica e a sustentabilidade económica da implantação de uma indústria siderúrgica integrada na província de Tete. A natureza deste tipo de estudo exige a combinação de análise de engenharia, avaliação de processos industriais e aplicação de métodos de análise financeira.

- **Dimensão Técnica do Estudo**

Na componente técnica, o estudo procura determinar a **viabilidade prática** da instalação da planta siderúrgica. Para isso, foram analisados:

- as características e disponibilidade das matérias-primas (minério de ferro e o carvão mineral);
- a rota tecnológica mais adequada (pelotização, alto-forno, conversor LD, lingotamento e laminação);
- os requisitos energéticos, logísticos e operacionais da planta;
- a definição da pré-planta industrial, incluindo sectorização, capacidade da unidade siderúrgica e fluxo de produção;

Essa abordagem permite verificar se a proposta é **tecnicamente aplicável**, considerando as condições reais da região e os padrões da indústria siderúrgica.

- **Dimensão Económica do Estudo**

A segunda dimensão centra-se na análise da viabilidade económica e financeira da indústria. Nesta etapa, foram estudados:

- o investimento inicial necessário (CI);
- os custos operacionais anuais (CO);
- a estimativa de receitas provenientes da venda dos produtos siderúrgicos;
- a projecção do fluxo de caixa a longo prazo;
- o cálculo dos principais indicadores VAL, TIR e o tempo de retorno;
- a comparação entre dois cenários: conservador e optimista, para avaliar a sensibilidade do projecto às variações de mercado.

A análise económica permite deste modo determinar se o investimento é financeiramente sustentável, considerando prazos, custos e retornos esperados.

### **3.2. Fontes e métodos de recolha de dados**

#### **3.2.1. Fontes de recolha dados**

Foram utilizadas quatro categorias principais:

- Literatura científica e académica: livros, artigos e trabalhos académicos sobre siderurgia, processos de produção de aço e estudos de viabilidade.
- Relatórios técnicos e industriais;
- Documentos governamentais e normativos;
- Base de dados económicos.

#### **3.2.2. Método de recolha de dados**

A recolha foi realizada através de pesquisa documental, seguindo três etapas:

- Selecção de fontes fiáveis e actualizadas, priorizando documentos recentes e tecnicamente consistentes;
- Recolha e organização sistemática de dados técnicos (processos, consumos, layout) e económicos (custos, preços, projecções);
- Cruzamento e validação das informações, comparando múltiplas fontes e confirmando valores com literatura técnica.

Os dados foram posteriormente tratados através de tabelas, gráficos e modelos financeiros, permitindo construir a análise técnica e económica do projecto.

### **3.3. Justificação das premissas técnicas e económicas**

Para avaliar a viabilidade económica da indústria siderúrgica proposta, foram aplicadas duas premissas distintas, a premissa conservadora e a optimista. A adopção destes cenários justifica-se pela necessidade de analisar o comportamento financeiro do projecto perante diferentes condições de mercado e níveis de risco.

O uso simultâneo de ambos o cenário garante uma análise equilibrada, reduz o risco de conclusões distorcidas e aumenta a credibilidade do estudo. Dessa forma, o projecto é avaliado tanto pelo seu comportamento mínimo esperado como pelo seu potencial económico máximo, permitindo decisões mais fundamentadas.

#### **3.3.1. Premissa Conservadora**

A premissa conservadora foi utilizada para representar um ambiente de maior cautela económica. Ela assume:

- preços de venda do aço mais baixos;
- custos operacionais ligeiramente elevados;
- crescimento mínimo da procura;
- menor eficiência operacional no início da actividade.

Esta abordagem permite testar a resiliência do projecto em condições desfavoráveis, garantindo que a decisão de investimento não dependa de situações excepcionalmente favoráveis. Serve como base para identificar o risco e assegurar que o projecto se mantém viável mesmo sob pressão económica.

#### **3.3.2. Premissa Optimista**

A premissa optimista considera um cenário mais favorável ao desenvolvimento do projecto, com:

- preços de venda mais altos ou estáveis;
- custos operacionais ajustados por eficiência;
- maior crescimento da procura regional;
- melhor desempenho da planta devido à maturidade tecnológica.

Este cenário permite estimar o potencial máximo de retorno, demonstrando a atractividade económica do projecto em condições de mercado positivas e realistas.

### 3.4. Critérios de selecção dos parâmetros CI e CO

A análise de viabilidade económica da implantação da indústria siderúrgica exigiu a selecção dos parâmetros de custo de implantação (CI) e custos operacionais (CO), com base em referências de mercado e na capacidade produtiva projectada.

O valor do CI foi estimado com base em referências globais para projectos siderúrgicos de baixa emissão, utilizando o limite superior de USD 800 milhões por MTPA. Para o seu cálculo pode ser usada a expressão:

$$CI = \text{USD } 800 \frac{\text{milhões}}{\text{Mtpa}} * \text{Capacidade de produção (MTPA)}$$

O custo operacional (CO) médio de produção para siderúrgicas normalmente varia de USD 600 a USD 800 por tonelada, dependendo de vários factores, como localização e tecnologia (Equipe B, 2025).

Para a premissa conservadora considera-se que o custo operacional será de USD 800 por tonelada por ser o cenário mais crítico. A expressão para o seu cálculo é dada por:

$$CO = \text{USD } \frac{800}{\text{Tonelada}} * \text{Capacidade de produção (T)}$$

E para a premissa optimista considera-se que o custo operacional será de USD 600 por tonelada por ser o cenário mais favorável a implementação. A expressão para o seu cálculo é dada por:

$$CO = \text{USD } \frac{600}{\text{Tonelada}} * \text{Capacidade de produção (T)}$$

### 3.5. Métodos de cálculo usados para VAL, TIR e tempo de retorno

#### 3.5.1. Métodos de cálculo usado para VAL

O VAL é o indicador que mede o valor económico criado pelo projecto considerando o valor do dinheiro no tempo. É calculado trazendo a valor presente os fluxos de caixa gerados anualmente, subtraindo o investimento inicial.

O documento indica que o VAL é calculado a partir dos Fluxos de Caixa anuais do projecto, descontados pela Taxa Mínima de Atractividade (TMA), que, neste estudo, é o custo de capital (CC).

Antes de calcular o VAL, é necessário determinar o Resultado Líquido ( $RL_n$ ) e o Fluxo de Caixa ( $FC_n$ ) de cada ano.

- **Resultado Antes dos Impostos (RAI<sub>n</sub>):** Obtido subtraindo-se das Vendas anuais os Custos Operacionais (CO) e a Amortização anual.

$$RAI_n = Venda_n - OPEX_n - A_n$$

Onde:

RAI<sub>n</sub> - Resultado antes do imposto no ano n;

Venda<sub>n</sub> - Vendas no ano n;

OPEX<sub>n</sub> - Custos operacionais no ano n;

A<sub>n</sub> - Amortização anual (valor fixo).

- **Imposto (Imposto<sub>n</sub>):** Aplicado à taxa de 32% (Imposto sobre o Rendimento de Pessoas Colectivas - IRPC) sobre o RAI<sub>n</sub>.

$$Imposto_n = RAI_n * 32\%$$

- **Resultado Líquido (RL<sub>n</sub>):** Lucro efectivo após o pagamento do imposto.

$$RL_n = RAI_n - RAI_n * 32\%$$

- **Cálculo do VAL:** O VAL é a soma dos valores presentes dos fluxos de caixa descontados pelo TMA, dada pela seguinte expressão:

$$VAL = \sum_{n=0}^n \frac{FC_n}{(1 + TMA)^n} - CI$$

Onde:

VAL - Valor Actual Líquido;

FC<sub>n</sub> - Fluxo de Caixa no ano n;

TMA - Taxa Mínima de Atractividade;

CI - Custo de implantação.

### 3.5.2. Métodos de cálculo usado para TIR

A TIR é a taxa de desconto que torna o Valor Actual Líquido (VAL) de um projecto igual a zero.

A fórmula que define a TIR é dada pela seguinte expressão:

$$\sum_{n=0}^n \frac{FC_n}{(1+i)^n} = 0$$

Onde:

$FC_n$  – Fluxo de Caixa no ano n (pode ser positivo ou negativo);

$i$  – Taxa interna de retorno.

A TIR pode ser calculada utilizando a função financeira TIR do *software Microsoft Excel*, com base nos fluxos de caixa anuais do projecto (Resultados Líquidos anuais). Quanto ao critério de decisão o projecto é considerado viável se a TIR for superior à Taxa Mínima de Atractividade (TMA).

### 3.5.3. Tempo de retorno

O tempo de retorno é o tempo necessário para que os investimentos feitos sejam recuperados sob a forma de lucro.

O método utilizado é o de fluxo de caixa acumulado ou interpolação linear aplicado aos resultados líquidos acumulados (RL acumulado).

A fórmula de interpolação é utilizada para estimar o momento exacto em que o saldo acumulado se torna positivo, podendo ser complementado pela seguinte expressão:

$$TR = n_n + \frac{|\text{RL acumulado}_{n_n}|}{\text{RL acumulado}_{n_n+1}}$$

Onde:

$n_n$  – é o último ano em que o RL acumulado é negativo (o ano imediatamente anterior à recuperação total do investimento);

$|\text{RL acumulado}_{n_n}|$  – É o valor absoluto do Resultado Líquido Acumulado no ano  $n_n$ . Este valor representa o défice ou o valor não recuperado até aquele ano;

$\text{RL acumulado}_{n_n+1}$  – É o Resultado Líquido (Lucro) gerado no ano seguinte que é o ano em que o investimento é recuperado.

### **3.6. Tratamento, Comparação e validação dos dados económicos**

A credibilidade do estudo de viabilidade técnica e económica reside na transparência e no rigor metodológico com que as premissas são processadas comparadas e, finalmente validadas. Este subcapítulo detalha o fluxo do trabalho analítico, desde a entrada dos dados até a validação final do projecto.

#### **3.6.1. Tratamento e processamento das informações financeiras**

O tratamento das informações teve como objectivo construir o modelo de fluxo de caixa projectado ao longo dos 20 anos de vida útil do projecto. O processo seguiu a estrutura fundamental da demonstração de resultados projectada.

Os parâmetros chave (CI, IRPC, Amortização e CC) foram estabelecidas como dados fixos de entrada. Os parâmetros variáveis (Receitas e CO) foram introduzidas com taxas de crescimento anual (explícitas nas tabelas de projecção) para reflectir o ambiente macroeconómico.

As receitas e os custos operacionais foram usados para calcular o Resultado Antes dos Impostos (RAI), deduzindo também pela amortização. Obtida pela seguinte expressão:

$$\text{RAI}_n = \text{Venda}_n - \text{OPEX}_n - A_n$$

O IVA não foi considerado na análise por se tratar de um imposto neutro, que não afecta o resultado económico do projecto, sendo apenas repassado ao Estado. Assim, a avaliação foi feita com base em valores líquidos, focando na viabilidade real do investimento.

O IRPC foi deduzido, resultando no Resultado Líquido (RL). O RL é a principal métrica para os cálculos de viabilidade, representando o fluxo de caixa gerado anualmente pelo projecto, essencial para a aplicação do método do Valor Actual Líquido (VAL).

#### **3.6.2. Comparação das informações**

A comparação das informações foi executada através da análise de sensibilidade por cenários, a fim de avaliar a resiliência do projecto perante a incerteza dos custos

operacionais. Esta abordagem permitiu isolar o impacto dos custos operacionais nos indicadores de retorno.

**Quadro 3-1:** Finalidade de comparação do CO.

<b>Cenário</b>	<b>CO (USD/ton)</b>	<b>Finalidade da comparação</b>
Optimista	600	Reflecte condições de alta eficiência, economias de escala e um ambiente de custos favorável.
Conservador	800	Simula o risco, custos mais elevados e potenciais ineficiências, oferecendo uma margem de segurança.

A comparação dos resultados entre os dois cenários permitiu quantificar a variação nos indicadores financeiros. A validação do projecto no Cenário Conservador atesta a resiliência da proposta, indicando que o projecto não depende exclusivamente de condições ideais para ser viável.

### 3.6.3. Validação do projecto e indicadores

A validação final das informações tratadas e comparadas foi realizada pelo cumprimento de critérios de decisão padronizados na análise de investimentos, utilizando o CC como a Taxa Mínima de Atractividade (TMA).

**Quadro 3-2:** Regras de validação do projecto.

<b>Indicador</b>	<b>Regra de validação</b>	<b>Justificativa</b>
Valor Actual Líquido (VAL)	$VAL > 0$	O projecto é validado se o valor actual dos fluxos de caixa futuros for superior ao investimento inicial, significando que o projecto cria valor para os accionistas além do custo de capital.
Taxa Interna de Retorno (TIR)	$TIR > CC(TMA)$	O projecto é validado se a sua rentabilidade for superior ao custo de capital. Este critério garante que o retorno compensa o risco assumido.
Tempo de Retorno ( <i>Payback</i> )	<i>Payback</i> «Vida Útil»	A recuperação do investimento em um período significativamente menor que a vida útil total (20 anos) valida a baixa exposição ao risco de longo prazo e a alta liquidez do projecto.

## 4. DEFINIÇÃO DO PROJECTO INDUSTRIAL

### 4.1. Capacidade produtiva estimada

A capacidade produtiva anual de uma indústria siderúrgica representa o volume máximo de aço bruto que a planta é projectada para produzir, sob condições operacionais normais e em regime contínuo. Para o presente projecto, estima-se uma capacidade nominal anual de 2,2 milhões de toneladas de aço bruto, valor obtido após análise da oferta local de minério de ferro e carvão mineral, do consumo interno previsto em Moçambique e da demanda nos mercados vizinhos (Zâmbia, Malawi e Zimbabwe). Essa capacidade está determinada para assegurar economias de escala e garantir viabilidade técnico-económica em médio e longo prazo, com margem de segurança para flutuações na procura.

Assumindo-se uma operação contínua de 24 horas por dia, durante os 365 dias do ano, tem-se uma produção teórica diária de aproximadamente:

$$P_{Diaria} = \frac{2.200.000 \text{ toneladas/ano}}{365 \text{ dias}} = 6.027 \text{ toneladas/dia},$$

ou seja, a planta será projectada para produzir cerca de 6000 toneladas de aço bruto por dia, sendo este o parâmetro base para dimensionamento dos sectores industriais, equipamentos e serviços de apoio.

Embora não exista uma norma técnica internacional que padronize a classificação de usinas siderúrgicas por capacidade produtiva, é comum na literatura técnica e na prática industrial agrupar as unidades em micro, mini, médio e grande porte com base em sua produção anual de aço bruto. Portanto, pode-se para o presente projecto classificar como uma usina siderúrgica de grande porte, apta a operar com processos integrados completos, tais como alto-forno, conversores a oxigénio (LD), lingotamento contínuo e laminação, o que favorece a produção em larga escala com elevada padronização e menor custo unitário.

### 4.2. Escolha do processo Produtivo

A escolha do processo produtivo define a base tecnológica da planta siderúrgica e está directamente ligada à capacidade de produção, disponibilidade de matérias-primas, consumo energético, impacto ambiental, qualidade do produto final e viabilidade económica do projecto. No caso do projecto siderúrgico proposta para a província de Tete, opta-se por uma rota integrada de produção, contemplando desde o tratamento das

matérias-primas até a laminação primária, com o objectivo de obter produtos semiacabados.

A decisão de adoptar o processo integrado decorre de factores estratégicos e operacionais:

- Disponibilidade local de recursos minerais, como minério de ferro e carvão mineral, que são os recursos essenciais para a obtenção do produto final.
- Capacidade instalada de grande porte que exige uma rota produtiva eficiente;
- Infra-estrutura energética, garantida principalmente pela Hidroeléctrica de Cahora Bassa, o que favorece processos intensivos em energia como os conversores e o sector de laminação;
- Demanda regional por produtos semiacabados, com potencial de exportação para países vizinhos da África Austral que possuem baixa produção local de aço.

Em síntese a rota integrada será composta pelos sectores de pelletização, coqueificação, alto-forno, refinação, lingotamento contínuo e laminação, garantindo uma operação robusta, eficiente e alinhada com os recursos locais da província de Tete. Além disso, permite atender à demanda de produtos semiacabados com qualidade, eficiência logística e capacidade de expansão futura.

Em fases futuras a indústria poderá vir a incorporar:

- Fornos eléctricos a arco (FEA), voltados à reciclagem de sucata de aço e ferro-ligas;
- Linhas de laminação a quente ou a frio para produção de produtos acabados;
- Processos auxiliares de acabamento e inspecção para exportação.

#### **4.3. Descrição dos sectores Industriais**

A planta siderúrgica será composta por diversos sectores industriais interligados, organizados segundo a lógica do fluxo produtivo e otimizados para garantir eficiência operacional, segurança, controle de qualidade e flexibilidade. Cada sector cumpre uma função fundamental no ciclo de produção do aço semiacabado. A seguir, descreve-se detalhadamente cada um deles, conforme o diagrama do processo industrial:

- **Sector de Recepção e Preparação de Matérias-Primas**

O processo inicia-se com a recepção e armazenamento do minério de ferro e do carvão mineral, principais matérias-primas utilizadas. Estes materiais serão descarregados em

pátios próprios e conduzidos por correias transportadoras até suas respectivas unidades de processamento. O controle de qualidade e a classificação granulométrica serão realizados nesta fase, garantindo a alimentação contínua e adequada dos processos subsequentes.

- **Sector de Pelotização**

O minério de ferro será encaminhado para o sector de pelotização, onde será transformado em pelotas de alta resistência mecânica e teores controlados de ferro. O processo inclui:

- Mistura de finos de minério com aglomerantes;
- Formação das pelotas em discos ou tambores rotativos;
- Secagem e queima em fornos de induração (acima de 1.200 °C);
- Armazenamento das pelotas em silos, de onde seguirão para o alto-forno.

Este sector melhora significativamente o rendimento metalúrgico do alto-forno, proporcionando melhor permeabilidade da carga e maior estabilidade térmica.

- **Planta de Coqueificação**

O carvão mineral será processado na planta de coqueificação, onde será submetido à pirólise (aquecimento em ausência de oxigênio) para a produção de coque metalúrgico. O coque será estocado em silos e será utilizado como combustível e agente redutor no alto-forno. Subprodutos como gás de coqueria e alcatrão serão capturados e poderão ser aproveitados energeticamente ou tratados conforme as normas ambientais.

- **Silos de Fundentes e aditivos**

Os fundentes (como calcário e a dolomita) e aditivos metálicos (como manganês, silício e o alumínio) serão armazenados em silos específicos. Esses materiais são adicionados ao alto-forno e ao conversor LD conforme necessidade do processo, auxiliando na formação da escória e na afinação química do aço.

- **Alto-forno**

O alto-forno é responsável pela redução do minério de ferro (na forma de pelotas) a ferro-gusa líquido, utilizando coque como agente redutor e combustível. A carga é introduzida no topo do forno e passa por uma série de reacções térmicas e químicas até atingir o

fundo, onde o gusa líquido e a escória são separados e retirados. O gás de alto-forno gerado será reaproveitado em outras partes da planta, aumentando a eficiência energética.

- **Sector de Refinação (Conversor LD)**

O ferro-gusa líquido será transportado em panelas até ao conversor LD, onde é transformado em aço líquido por meio da injeção de oxigénio puro. Esse processo promove a remoção de carbono e outras impurezas. Aqui também são adicionados os aditivos metálicos conforme a especificação do produto final desejado. O aço resultante é transferido para o lingotamento.

- **Sector de Lingotamento Contínuo**

Neste sector, o aço líquido é solidificado em moldes refrigerados, formando produtos semiacabados:

- Tarugos;
- Blocos e
- Placas.

O processo contínuo melhora a homogeneidade estrutural e reduz o número de defeitos internos, sendo essencial para manter altos padrões de qualidade metalúrgica. Os produtos são cortados conforme o comprimento especificado e seguem para laminação.

- **Sector de Laminação Primária**

Após o lingotamento contínuo, os produtos solidificados, ainda brutos são conduzidos ao sector de laminação primária, que tem como função principal a padronização dimensional e melhoria estrutural dos semiacabados. Essa etapa é crítica para assegurar a qualidade metalúrgica e o valor comercial do aço produzido.

A laminação primária consiste na passagem dos blocos, placas e tarugos por um conjunto de laminadores reversíveis ou contínuos, que exercem grande pressão sobre o material previamente reauecido, alterando suas dimensões conforme as especificações técnicas.

Os produtos obtidos ao final deste processo são classificados como semiacabados de aço, e incluem:

- Tarugos - produtos com secção quadrada ou rectangular, geralmente usados como matéria-prima para laminação de vergalhões, arames, barras laminadas e pregos.

- Blocos - semiacabados de secção maior que os tarugos, comumente utilizados para fabricação de trilhos ferroviários, perfis estruturais pesados ou tubos de grande diâmetro.
- Placas - produtos com maior largura e menor espessura, usados como base para produção de chapas grossas, bobinas laminadas a quente ou chapas marítimas.

Após a laminação primária, os semiacabados são resfriados, inspeccionados, classificados e transportados para o sector de armazenamento, de onde poderão ser:

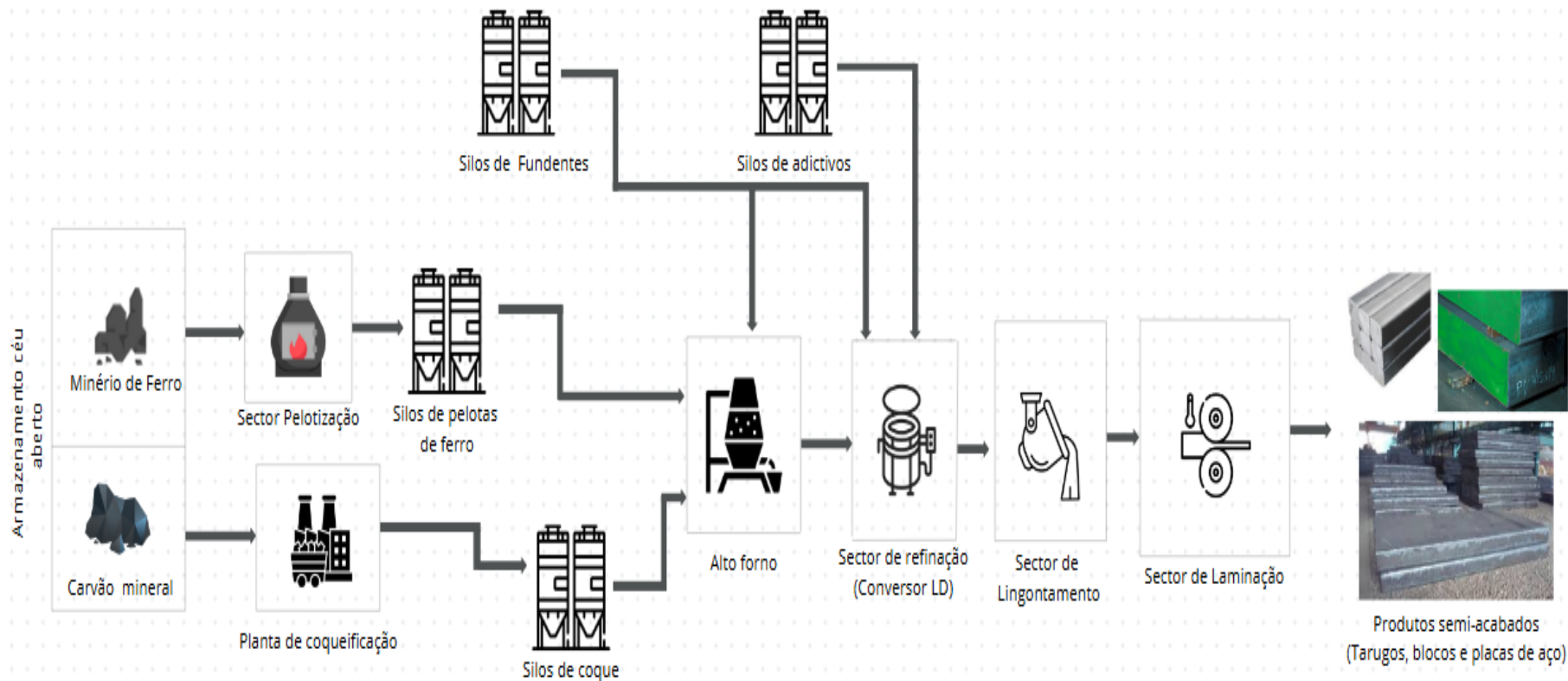
- Vendidos directamente a clientes industriais para posterior transformação;
- Exportados para países vizinhos da região da África Austral, onde há escassez de oferta de produtos siderúrgicos;
- Reservados para uso futuro em novas linhas de acabamento, caso a planta seja expandida.

#### **4.4. Fluxo Produtivo**

O fluxo produtivo de operação da planta siderúrgica compreende a sequência ordenada de processos que ocorrerão desde o recebimento das matérias-primas até a obtenção dos produtos finais ou semiacabados e constitui o processo tecnológico siderúrgico integrado adoptado no projecto. Aqui será representado graficamente no fluxograma de funcionamento da planta.

Cada etapa do fluxo foi posicionada com o objectivo de garantir continuidade operacional, eficiência energética e controlo de qualidade, mantendo o alinhamento técnico com as boas práticas da indústria siderúrgica internacional.

A seguir, apresenta-se o fluxo funcional da planta na sua configuração inicial, conforme definido no projecto principal:



**Fig. 4-1:** Fluxo do processo produtivo inicial (Adaptado pelo autor).

Esse modelo representa uma linha de produção contínua e altamente integrada, ideal para plantas de grande porte e com alto grau de controle de qualidade. Cada etapa está interligada fisicamente e funcionalmente, garantindo fluxo eficiente e rastreabilidade total.

Para a segunda fase do projecto, será considerada a implantação de uma unidade independente com forno eléctrico a arco. Esta linha produtiva operará paralelamente à linha integrada e será especializada na produção de aço a partir de sucata metálica, nacional ou importada. A implementação do forno eléctrico a arco visa:

- Reduzir a pressão sobre os recursos minerais primários;
- Aproveitar a crescente disponibilidade de sucata metálica no mercado regional;
- Aumentar a flexibilidade de operação da planta;
- Melhorar a imagem ambiental e atrair parcerias internacionais.

A unidade forno eléctrico a arco poderá utilizar parte da infra-estruturas já existente, como os sectores de lingotamento, laminação, expedição e controle de qualidade, sendo adicionadas apenas as seções específicas para fusão e refino eléctrico.

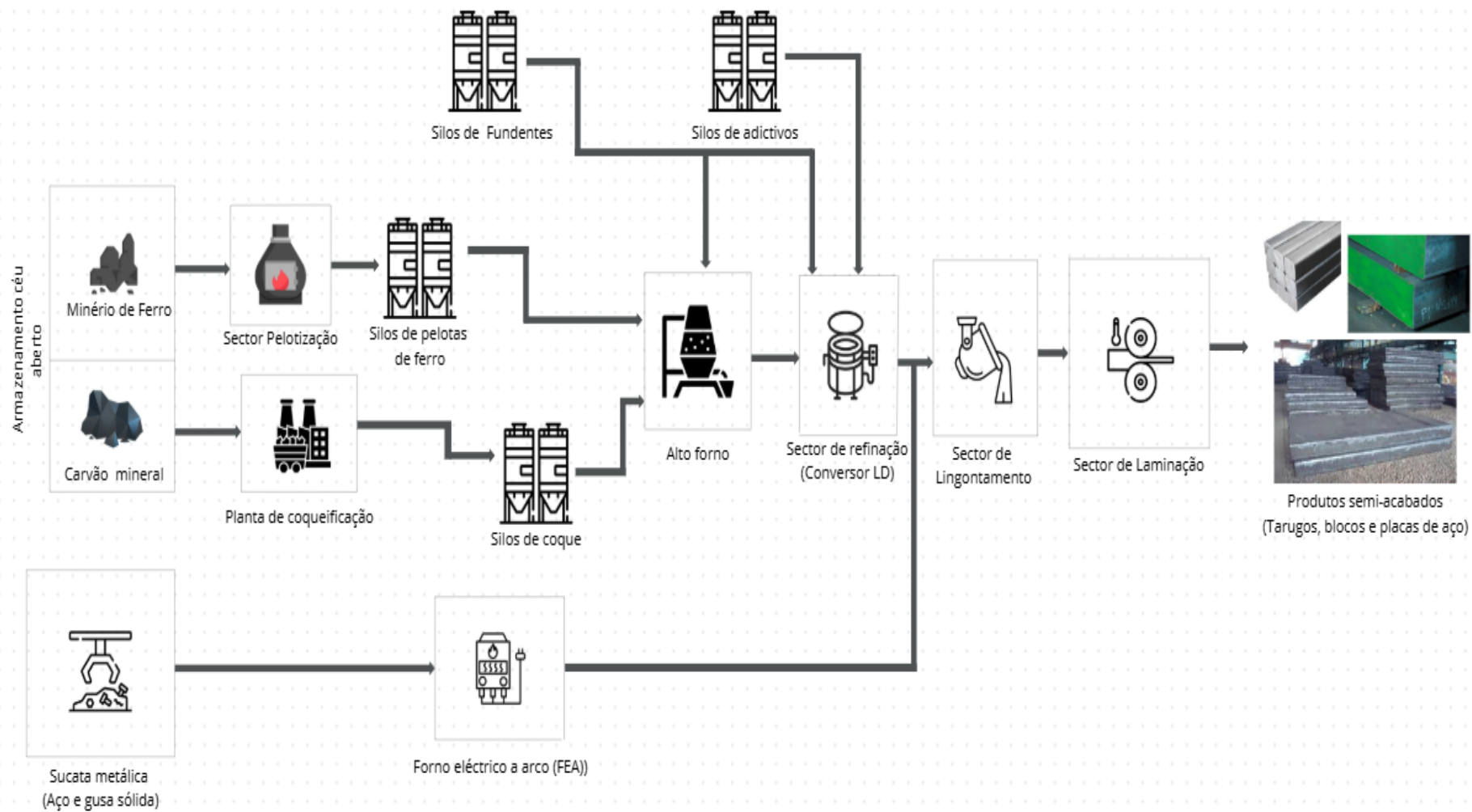


Fig. 4-2: Fluxo do processo produto da indústria ampliada (Adaptado pelo autor).

Com a introdução da nova linha FEA, a planta siderúrgica passará a operar com dupla rota produtiva:

- Rota integrada (minério de ferro → aço via alto-forno e LD);
- Rota eléctrica (sucata metálica → aço via forno eléctrico).

Essa estrutura oferece importantes vantagens operacionais e estratégicas:

- Possibilidade de ajustar a produção conforme preços de insumos;
- Capacidade de atender a diferentes especificações de mercado;
- Diversificação de matérias-primas;
- Maior resiliência frente a interrupções logísticas ou de mercado.

## **5. VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÓMICA DO PROJECTO**

### **5.1. Parâmetros de Mercado e Volume de Produção**

As receitas e custos operacionais apresentadas neste capítulo são uma tradução directa das abordagens obtidas na análise do mercado e da definição da indústria para a linguagem financeira. A viabilidade económica do projecto depende do alinhamento entre a capacidade instalada e a procura de mercado.

A capacidade nominal de 2,2 MTPA, resultante da rota tecnológica integrada é justificada pela necessidade de atingir economias que tornem o projecto competitivo globalmente.

O preço de venda do aço é o principal factor de receita do projecto. Os cenários de análise (Conservador e Optimista) foram diferenciados pelas taxas de crescimento de preço anual. Estas taxas foram determinadas com base nas projecções macroeconómicas para o sector siderúrgico e nas expectativas de crescimento da procura global, assumindo uma correlação directa com o desempenho da construção civil em Moçambique e nos mercados-alvo de exportação.

A análise de mercado feita no Capítulo 2 confirmou a vantagem geográfica de Tete devido à proximidade das reservas de carvão mineral e minério de ferro. No modelo financeiro, esta vantagem traduz-se em menores custos logísticos para as principais matérias-primas, o que impacta directamente a redução dos custos operacionais. O custo por tonelada de matéria-prima (carvão mineral e minério de ferro) é, portanto, mais competitiva do que a de siderúrgicas dependentes de importação.

### **5.2. Estimativa dos dados económicos com base nas premissas**

Segundo (Global Energy Monitor Wiki, 2023) em média, a construção de uma usina siderúrgica de baixas emissões custa entre USD 600 e USD 800 milhões/Mtpa e além disso, toda construção seja ela intensiva em emissões ou verde provavelmente será afectada pelo aumento dos preços dos materiais, por exemplo, devido à escassez internacional de recursos e aos prémios verdes.

Pode-se considerar para as duas premissas de análise como investimento inicial de USD 800 milhões/Mtpa. Tendo em conta que a capacidade da indústria siderúrgica a ser instalada é de 2,2 Mtpa aproximadamente o custo de implantação será:

$$CI = \text{USD } 800 \frac{\text{milhões}}{\text{Mtpa}} * 2,2 \text{ Mtpa} = \text{USD } 1,76 \text{ bilhões}$$

O preço de venda do aço laminado a quente pode variar com o tempo devido aos acontecimentos e inovações no sector siderúrgico. Até ao dia desta análise (27 de Junho de 2025 às 16:37) o preço do aço laminado a quente rondava os USD 882 por tonelada de aço.

Assim sendo o preço de venda será de USD 882 por tonelada de aço.

<b>Aço HRC</b> USD/T	882.00	▲ 0.97
-------------------------	--------	--------

**Fig. 5-1:** Preço do aço laminado a quente, consultando em 27 de Junho de 2025. Fonte: Trading Economics.

Foram adoptados os seguintes valores para os custos operacionais nos dois cenários de análise:

- **Premissa conservadora**

No cenário conservador, assume-se um ambiente operacional menos eficiente, com custos mais elevados relacionados à energia, logística e produtividade. Sendo que a produção anual será de 2,2 milhões de toneladas anualmente tem-se:

$$CO = \text{USD } \frac{800}{\text{Tonelada}} * 2.200.000 \text{ Toneladas}$$

$$CO = \text{USD } 1.76 \text{ bilhões por ano}$$

- **Premissa optimista**

No cenário optimista, supõe-se uma operação eficiente e bem estruturada, com ganhos de escala e redução de custos fixos e variáveis. Sendo que a produção anual será de 2,2 milhões de toneladas anualmente tem-se:

$$CO = \text{USD } \frac{600}{\text{Tonelada}} * 2.200.000 \text{ Toneladas}$$

$$CO = \text{USD } 1.32 \text{ bilhões por ano}$$

Entre os principais factores que justificam esse crescimento dos custos operacionais, destacam-se:

- Reajustes salariais e encargos trabalhistas;

- Aumento dos custos de energia e insumos;
- Elevação de custos com manutenção e reposição de peças;
- Crescimento de exigências regulatórias;
- Inflação geral e custos de serviços contratados.

A princípio o financiamento do projecto poderá ser feito a 100% de dívida, com isso podemos usar a expressão a seguir para determinar o custo de capital (CC).

$$CC = Kd * (1 - IRPC)$$

**Onde:**

Kd – Taxa de juro para o crédito;

IRPC – Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Colectivas (32% aprovado pela lei moçambicana).

Segundo (LUSA, 2025), a taxa de juro de referência para o crédito em Moçambique manteve-se inalterada nos 18% em Junho de 2025, segundo informação da Associação Moçambicana de Bancos.

$$CC = 0,18 * (1 - 0,32)$$

$$CC = 0,1224 = 12,24\%$$

Sem esquecer também que a vida útil das indústrias siderúrgicas está entre 20 e 40 anos. Para uma análise mais efectiva pode-se usar o tempo vida de útil igual a 20 anos para a indústria siderúrgica.

Com base nos parâmetros acima indicados pode-se prosseguir com os seguintes cálculos:

- **Cálculo da amortização**

Considerando que o investimento inicial para a implantação da usina siderúrgica é de USD 1,76 bilhões e que a vida útil estimada do activo é de 20 anos, foi adoptado o método de depreciação linear. Neste método, o valor do activo é depreciado em parcelas iguais ao longo dos anos de operação, conforme a fórmula:

$$\text{Depreciação anual} = \frac{\text{Valor de aquisição}}{\text{Vida Util}}$$

$$\text{Depreciação anual} = \frac{1.760.000.000}{20} = 88.000.000\text{USD/ano}$$

Ao final dos 20 anos, o activo terá sido totalmente depreciado e o seu valor contabilístico será:

$$\text{Valor contabilístico} = 1.760.000.000 - (20 \times 88.000.000) = 0 \text{ USD}$$

Portanto, o valor contabilístico da siderúrgica ao fim de sua vida útil será igual a zero. Isso significa que o activo não terá mais valor, embora ainda possa existir um valor de mercado residual, como por exemplo, o valor de sucata, venda de equipamentos, ou eventual reaproveitamento da infra-estruturas.

Opcionalmente, pode-se adoptar um valor residual, caso haja expectativa formal de recuperação financeira ao final do ciclo de vida. Normalmente, percentagens que variam de 0% a 20% do custo inicial são utilizadas para estimar o valor residual (John, 2023).

Como há expectativa formal e optimista de recuperação financeira ao final do ciclo de vida podemos considerar como taxa do valor residual 15%.

Como isso temos:

$$V_{\text{Residual}} = CO * 15\%$$

$$V_{\text{Residual}} = 264.000.000 \text{ USD}$$

A consideração do valor residual de 15% ao final da vida útil da usina demonstra que o projecto possui um potencial adicional de recuperação financeira. Mesmo após 20 anos de operação, parte significativa do investimento inicial pode ser recuperada.

- **Vendas**

Segundo (Bodinier & Peverireri, 2025) o grupo *ArcelorMittal* espera que a demanda global por aço cresça entre 2,5% e 3,5% este ano, excluindo a China, maior consumidora e produtora mundial do metal.

Para o cenário conservador podemos assumir uma situação de mercado mais lenta, com crescimento abaixo do esperado chegando a ser um crescimento anual limitado a 1% o que reflecte uma procura mais lenta nos mercados regionais.

A fórmula para determinar as vendas no cenário conservador será;

$$\text{Venda}_n = 2.200.000 * 882 * (1 + 0,01)^{n-1}$$

$$\text{Venda}_n = 1.940.400.000 * (1 + 0,01)^{n-1}$$

Para o cenário optimista podemos assumir que a indústria acompanha o crescimento global projectado ou até um pouco acima, graças à demanda regional. Portanto podemos assumir que durante o tempo de vida útil a venda do aço aumente em 3,5% anualmente.

A fórmula para determinar as vendas será;

$$\text{Venda}_n = 1.940.400.000 * (1 + 0,035)^{n-1}$$

*n* - Número do ano (1, 2, 3, ..., n)

Tendo em contas os pressupostos abordados no capítulo 3 em relação aos fluxos de caixa, as tabelas que representam o fluxo de caixa são apresentadas nos Apêndice A e Apêndice B para os dois cenários.

A viabilidade económica da siderúrgica de Tete é analisada sob a perspectiva de sustentabilidade ambiental e regulatória, o que implica a incorporação dos custos de mitigação. A Rota Tecnológica Integrada, embora eficiente, é intensiva em consumo de água e geração de resíduos sólidos (escória) e gasosos (CO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>), a ser detalhado nos próximos capítulos.

O custo de implantação inclui também uma percentagem dedicada ao investimento em infra-estrutura ambiental de primeira linha. Esta despesa é obrigatória para a obtenção da Licença Ambiental em Moçambique e abrange:

- Implantação de Tecnologia de Controle de Emissões Atmosféricas segundo as normas internacionais e da legislação moçambicana.

- Implementação da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) para garantir a recirculação da água e reduzir drasticamente o consumo e descarga no meio ambiente, conforme a melhor prática.

Os custos operacionais anuais são incorporados para os gastos recorrentes com a manutenção e operação destes sistemas, nomeadamente:

- Consumo de Energia dos sistemas de filtragem e bombeamento.
- Reagentes Químicos necessários para o tratamento de efluentes e água industrial.
- Custo de Gestão de Resíduos Sólidos (se a escória não for totalmente vendida como subproduto).

A inclusão destes custos garante que o fluxo de caixa líquido e, consequentemente, o VAL calculado no modelo, represente a viabilidade económica real e sustentável do projecto, demonstrando que o projecto possui resistência suficiente para absorver os custos de conformidade e ainda assim gerar lucros.

### **5.3. Indicadores de viabilidade**

- **VAL – Valor Actual Líquido**

O VAL busca analisar se o investimento inicial aportado pelos sócios na empresa é viável ou não, levando em consideração a taxa de juro que o mercado remunera caso o valor investido na empresa seja aplicado nesse tipo de investimento. (Mattei, 2016). A taxa mínima de atractividade desse estudo foi fixada em 12.24%.

Para a premissa conservadora pode-se verificar no **Apêndice C**, no final dos 20 anos de vida útil, o valor actual líquido será cerca de USD 335 milhões, valor positivo significando que o investimento dos sócios na empresa terá um certo rendimento mesmo sendo em uma das condições não favoráveis.

Para a premissa optimista pode-se verificar no **Apêndice D**, no final dos 20 anos de vida útil, o valor actual líquido será cerca de USD 3,3 bilhões positivo significando também que o investimento dos sócios na empresa terá um certo rendimento ao longo da vida útil do projecto.

- **TIR – Taxa Interna de Retorno**

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é um dos principais indicadores utilizados na análise de viabilidade económica de projectos. Ela representa a taxa de desconto que faz com que o Valor Actual Líquido (VAL) do projecto seja igual a zero. Em outras palavras, a TIR mostra a rentabilidade percentual esperada do investimento ao longo do tempo.

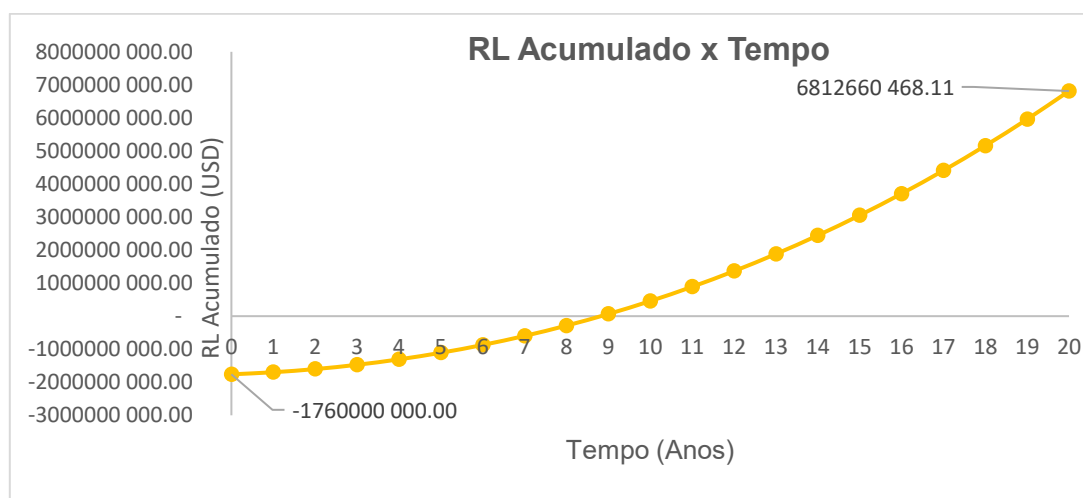
A Taxa Interna de Retorno (TIR) foi calculada utilizando a função financeira *TIR* do *software Microsoft Excel*, com base nos fluxos de caixa anuais do projecto, ou seja, os **resultados líquidos anuais** disponíveis no **Apêndice A** para a análise conservadora e no **Apêndice B** para a análise optimista.

Para a análise conservadora a TIR obtida foi de 14%, ou seja, o projecto tem potencial para gerar um retorno anual médio de 14% sobre o capital investido e sendo que esta taxa é maior que TMA, o projecto mostra-se economicamente viável nessas condições desfavoráveis. E para a análise optimista a TIR obtida foi de 30%, com isto o projecto mostra-se de forma clara economicamente viável nas condições dadas.

- **Tempo de Retorno (TR)**

Tempo de Retorno, é o tempo que os investimentos feitos na empresa levam para ser recuperados em forma de lucro, portanto quanto mais rápido melhor, porém isso não significa sucesso pleno da empresa, pois esta ferramenta deve ser analisada com outras ferramentas de desempenho para se ter mais confiança nos resultados (Mattei, 2016).

A Fig. 5-1 representa a projecção dos resultados líquidos acumulados ao longo dos 20 anos, apresentados no **Apêndice C** para o cenário conservador.



**Fig. 5-2:** Projecção resultados líquidos acumulados ao longo dos 20 anos (análise conservadora).

A gráfico acima demonstra o crescimento do resultado líquido acumulado ao longo dos 20 anos de vida útil. Pode-se concluir que entre o ano 8 e ano 9 os investimentos feitos começam a gerar lucros onde passa-se de um saldo negativo para o positivo.

A partir da tabela de resultados líquidos acumulados no **Apêndice C**, observa-se:

- Ao final do **ano 8**, o valor acumulado ainda é negativo:

$$\text{RL acumulado (ano 8)} = - 286.059.680,67 \text{ USD}$$

- Ao final do **ano 9**, o valor acumulado torna-se positivo:

$$\text{RL acumulado (ano 9)} = 64.948.827 \text{ USD}$$

Para estimar com mais precisão em que momento do ano 9 ocorre o retorno total, aplica-se a seguinte fórmula de interpolação:

$$\text{TR} = 8 + \frac{\text{Valor não recuperado até o ano 8}}{\text{RL do ano 9}}$$

$$\text{TR} = 8 + \frac{286.059.680,67}{351.008.507,98}$$

$$\text{TR} = \mathbf{8,8 \text{ anos} \approx 8 \text{ anos e 9 meses}}$$

A Fig. 5-2 representa a projecção dos resultados líquidos acumulados ao longo dos 20 anos, apresentados no **Apêndice D** para o cenário optimista.



**Fig. 5-3:** Projecção resultados líquidos acumulados ao longo dos 20 anos (análise optimista).

A gráfico acima demonstra o crescimento do resultado líquido acumulado ao longo dos 20 anos de vida útil. Pode-se concluir que entre o ano 4 e ano 5 os investimentos feitos começam a gerar lucros onde passa-se de um saldo negativo para o positivo.

A partir da tabela de resultados líquidos acumulados no **Apêndice D**, observa-se:

- Ao final do **ano 4**, o valor acumulado ainda é negativo:

$$RL_{\text{Acumulado}} (\text{ano 4}) = - 28.260.894,84 \text{ USD}$$

- Ao final do **ano 5**, o valor acumulado torna-se positivo:

$$RL_{\text{Acumulado}} (\text{ano 5}) = 528.423.573,84 \text{ USD}$$

Para estimar com mais precisão em que momento do ano 5 ocorre o retorno total, aplica-se novamente a fórmula de interpolação:

$$TR = 4 + \frac{\text{Valor não recuperado até o ano 4}}{RL \text{ do ano 5}}$$

$$TR = 4 + \frac{28.260.894,84}{556.684.468,68}$$

$$TR = \mathbf{4,05 \text{ anos} \approx 4 \text{ anos e 18 dias}}$$

## **6. PLANO DE NEGÓCIO DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**

### **6.1. Sumário executivo**

O presente capítulo visa à elaboração de um plano de negócios para a implantação de uma indústria siderúrgica na província de Tete, Moçambique. O projecto propõe a criação de uma unidade industrial para a produção de aço, com capacidade instalada de 6.000 toneladas por dia, utilizando como principais matérias-primas o carvão mineral e o minério de ferro encontrados na região.

A análise de mercado, os estudos financeiros e as projecções operacionais indicam que o empreendimento é economicamente viável e com uma certa vantagem. A indústria actuará na produção de tarugos, placas e blocos de aço e ferro fundido voltados principalmente para o sector da construção civil, tanto no mercado interno quanto para exportação regional.

O investimento inicial estimado é de USD 1,76 bilhões, financiado integralmente por capitais externos. A projecção financeira apresenta para os dois casos de análise uma Taxa Interna de Retorno (TIR) acima da TMA, Valor Actual Líquido (VAL) positivo e um Tempo de Retorno antes mesmo que se atinjam os 10 anos da vida útil do projecto. Indicadores que demonstram a rentabilidade e a segurança do projecto a médio prazo. Além disso, a localização em Tete oferece vantagens logísticas e de acesso a recursos minerais essenciais para a produção siderúrgica.

Com base nos dados apresentados, conclui-se que a implantação da indústria siderúrgica em Tete é uma oportunidade concreta para alavancar o desenvolvimento industrial da região, gerar emprego e agregar valor à cadeia produtiva mineral do país.

### **6.2. Localização do empreendimento**

#### **6.2.1. Caracterização da província de Tete**

A província de Tete, localizada na região centro-oeste de Moçambique, possui um dos maiores potenciais mineiros do país. É composta por 15 distritos e 4 municípios, com uma população estimada em 2.644.650 habitantes (INE, 2022), distribuída de forma desigual entre zonas urbanas e rurais.

Com fronteiras com o Malawi, Zâmbia, Zimbábue, e as províncias de Manica, Sofala e Zambézia, Tete cobre uma área de 100.724 km<sup>2</sup> (WIKIPÉDIA, 2024). Sua economia é fortemente impulsionada pela mineração de carvão, particularmente na região de

Moatize, o que atraiu investimentos nacionais e estrangeiros nas últimas décadas (Chandamela, 2025).

Apesar do crescimento económico significativo, os benefícios desse progresso ainda não se distribuíram de forma equitativa entre a população. A maior parte das oportunidades de emprego encontra-se na mineração, com pouca diversificação. Grande parte da população continua dependente da agricultura de subsistência, vulnerável a factores climáticos e de mercado (Mozambique Expert, 2025).

Do ponto de vista infra-estrutural, Tete conta com um aeroporto internacional, vias rodoviárias interprovinciais e internacionais, e é atravessada pela **linha férrea de Sena**, que liga Moatize ao Porto da Beira. Também é cortada pelo rio Zambeze, fundamental para irrigação e geração de energia através da barragem de Cahora Bassa.

A Província de Tete possui elevado potencial para o desenvolvimento industrial, particularmente nos sectores de mineração, metalurgia, produção de energia e agro-indústria. A abundância de recursos naturais, aliada à posição geográfica privilegiada e às iniciativas de investimento público e privado, torna a região estratégica para projectos de desenvolvimento de grande escala.

### 6.2.2. Escolha da região

A localização da indústria siderúrgica é escolhida com base em factores geológicos, logísticos, energéticos e hídricos, sendo prevista para a região de Benga, distrito de Moatize. Com base nessa análise a Fig 6-1 ilustra a região na qual esta prevista a instalação da indústria de acordo com as suas coordenadas geográficas.



Fig. 6-1: Localização prevista para implantação da indústria (Fonte: Google Earth).

Essa área é estratégica por estar situada nas proximidades de jazidas de carvão mineral e minério de ferro, reduzindo custos logísticos e garantindo o fornecimento de matéria-prima nacional para a produção de aço.

Outro factor essencial é a proximidade com o rio Zambeze, que pode suprir as elevadas demandas de água industrial para processos de resfriamento, geração de vapor, limpeza e transporte de subprodutos. O acesso ao recurso hídrico permite ainda a implementação de soluções sustentáveis, como tratamento e reaproveitamento de efluentes.

Do ponto de vista logístico a infra-estrutura rodoviária que conecta a planta aos países vizinhos, como Zâmbia, Zimbábue e Malawi ampliando significativamente o mercados-alvo da produção.

Energeticamente, a zona conta com infra-estrutura em desenvolvimento, incluindo centrais térmicas e hidroeléctricas, o que favorece um abastecimento estável e contínuo fundamental para um parque industrial de grande porte.

A implantação do projecto contribui ainda para o desenvolvimento socioeconómico da província, promovendo a geração de empregos, capacitação profissional e a dinamização da economia local.

### **6.3. Escolha e justificativa do mercado alvo**

A indústria siderúrgica proposta tem como mercados-alvo o sector da construção civil e infra-estruturas, com foco em Moçambique e nos países da África Austral, como Malawi, Zâmbia e Zimbabwe. Essa escolha fundamenta-se em estudos recentes do mercado africano de aço, que apontam para uma expansão consistente do sector na próxima década.

De acordo com a *Expert Market Research*, o mercado de aço na África alcançou cerca de 39,5 milhões de toneladas em 2024 e deve crescer a uma taxa média anual de 3,1% até 2034, atingindo aproximadamente 53,6 milhões de toneladas. Esse crescimento é impulsionado por diversos factores, incluindo urbanização acelerada, aumento populacional, investimentos em infra-estruturas e políticas governamentais que incentivam a produção local de aço.

Moçambique, especificamente, apresenta forte demanda no sector da construção civil, impulsionada por projectos de habitação, estradas, pontes e empreendimentos energéticos. A produção local de aço em Tete contribuirá para reduzir a dependência de

importações, melhorar os custos de aquisição de matéria-prima e fortalecer a autonomia industrial do país.

A posição estratégica de Tete, próxima a fronteiras com países que enfrentam escassez de produção siderúrgica, permite a expansão para o mercado regional com vantagens competitivas. O transporte facilitado e a integração logística tornam a exportação para esses mercados uma oportunidade real de crescimento.

Portanto, a escolha do mercado alvo está alinhada com os indicadores de crescimento do sector siderúrgico africano, com as necessidades do sector da construção regional e com a capacidade instalada da indústria planejada para atender uma parte importante da demanda local e externa.

#### **6.4. Identificação de concorrentes**

A indústria proposta actuará na produção de aço semiacabado, com foco em tarugos, placas e blocos, que são a base para fabricação de produtos acabados como vergalhões, perfis, chapas e tubos. Diferente da maioria das operações existentes no país, este projecto será integrado, partindo do minério de ferro até o aço líquido, oferecendo uma alternativa competitiva à importação de semiacabados.

Actualmente, Moçambique não possui siderúrgicas integradas em operação que produzam aço semiacabado. A maior parte das empresas do sector opera com foco em produtos acabados, geralmente a partir de matéria-prima importada. Isso cria uma lacuna importante no mercado, especialmente para abastecer laminadores locais, distribuidores e indústrias metalúrgicas regionais.

Um dos poucos projectos semelhantes é o da *Baobab Resources*, que pretende implantar uma usina de aço em Tete com uso de tecnologia de processo de redução directa do ferro juntamente com fornos eléctricos a arco, também para produção de semiacabados como os tarugos. Contudo, esse projecto ainda se encontra em fase de pré-implantação e não representa concorrência no curto prazo.

Além disso, muitos transformadores em Moçambique e na região da SADC dependem da importação de tarugos e placas de países como África do Sul, Índia, Turquia e China. Essas importações estão sujeitas a altos custos logísticos, variações cambiais e atrasos na entrega, o que prejudica a estabilidade da cadeia produtiva local.

A única operação relevante instalada no país é a *MM Integrated Steel Mills*, localizada na Beira. No entanto, essa empresa actua apenas na transformação de aço em vergalhões, tubos e chapas galvanizadas, utilizando matéria-prima semiacabada importada. Isso a posiciona mais como potencial cliente do que como concorrente directo.

Portanto, o projecto proposto entrará em um segmento ainda não explorado no mercado moçambicano, com grandes vantagens competitivas: acesso a matérias-primas locais, controle da cadeia produtiva, redução dos custos logísticos e maior previsibilidade no fornecimento. A localização estratégica em Tete também favorece a distribuição para mercados vizinhos, como Malawi, Zâmbia e Zimbábue.

O projecto entra num sector ainda não explorado em Moçambique, com fortes vantagens como o uso de matérias-primas locais, controle total da produção, menores custos logísticos e fornecimento mais estável.

#### **6.5. Estrutura legal do projecto**

Inicialmente, o projecto será constituído como uma Sociedade por Quotas (Limitada), de direito moçambicano, registrada junto ao Ministério da Indústria e Comércio e demais órgãos competentes. Essa forma jurídica permite agilidade na criação da empresa, facilidade na entrada de sócios nacionais e estrangeiros, e maior flexibilidade na fase inicial de implementação e captação de recursos.

A sociedade limitada será composta por um grupo de sócios fundadores, com a possibilidade de abertura de cotas a novos investidores durante a fase de construção. A governança inicial será definida em contracto social, com designação de um representante legal e estrutura administrativa adequada à complexidade do projecto.

Conforme o projecto cresça de forma técnica e financeira, está prevista a conversão da sociedade para uma Sociedade Anónima (SA). Essa transição permitirá a captação de capital através de emissão de acções, entrada de novos accionistas estratégicos, e cumprimento dos requisitos de governança exigidos por bancos de desenvolvimento, instituições multilaterais e possíveis investidores institucionais.

Além disso, a estrutura legal permitirá a formação de consórcios estratégicos, especialmente com empresas fornecedoras de tecnologia, parceiros logísticos ou grupos mineiros locais, assegurando flexibilidade para expansão e integração vertical da cadeia de valor.

O projecto seguirá rigorosamente a legislação vigente em Moçambique, assegurando:

- Registro fiscal (NUIT);
- Obtenção das licenças ambientais, industriais e de construção;
- Cumprimento das normas de segurança do trabalho e gestão ambiental;
- Regularidade trabalhista e contratual perante os órgãos públicos.

## **6.6. Plano de produção**

O plano de produção da indústria siderúrgica foi estruturado com base em uma capacidade anual de 2,2 milhões de toneladas de aço (2,2 MTPA), considerando uma operação contínua de 24 horas por dia, 365 dias por ano. Esse regime de produção contínua garante o máximo aproveitamento da capacidade instalada, reduz custos fixos por tonelada e melhora a eficiência térmica dos equipamentos, especialmente em processos de alto-forno e da refinação.

### **6.6.1. Estrutura Operacional**

A operação será realizada em três turnos diários de 8 horas, distribuídos em regime de escala, com sistema de rotação de equipe. A produção será mantida de forma ininterrupta ao longo do ano, com paragens programadas sendo realizadas por sectores, sem necessidade de parar toda a planta simultaneamente.

O processo produtivo será composto pelas seguintes etapas principais:

- **Pelotização:** transformação do minério de ferro extraído localmente em pelotas de alta qualidade, com capacidade de produção dimensionada para atender integralmente às necessidades do alto-forno.
- **Coqueificação:** processamento do carvão mineral para obtenção de coque metalúrgico, com produção estimada em cerca de 1,4 a 1,7 milhão de toneladas por ano sendo que por tonelada de aço é necessário cerca de 0,65 a 0,77 toneladas de coque (Choudhury, 2023).
- **Alto-Forno:** redução do minério em ferro-gusa líquido, com uma produção aproximada de 2,7 a 3 milhões de toneladas por ano, considerando perdas e rendimento do processo.
- **Refinação:** refinação do ferro-gusa para produção de 2,2 milhões de toneladas de aço líquido por ano.

- **Lingotamento Contínuo:** solidificação do aço líquido em lingotes.
- **Laminação:** transformação dos semiacabados nos produtos em semiacabados (tarugos, placas ou blocos).

A Pré – Planta da indústria siderúrgica a ser implantada pode ser visualizada no **Apêndice E**.

### 6.6.2. Cálculo da Produção Diária e Mensal

Considerando operação contínua:

- **Produção anual:** 2,2 Mtpa
- **Produção diária:**

$$P_{\text{Diária}} = \frac{2.200.000}{365} \approx 6.000 \frac{\text{toneladas}}{\text{dia}}$$

- **Produção mensal (média):**

$$P_{\text{Mensal}} = \frac{2.200.000}{12} \approx 18.333 \frac{\text{toneladas}}{\text{mês}}$$

Esse nível de produtividade exige coordenação entre sectores, controle de estoque intermediário e manutenção preventiva eficaz. O planejamento logístico também deve estar sincronizado com essa cadência de produção, tanto para entrada de matérias-primas quanto para escoamento dos produtos finais.

### 6.6.3. Fase de *Ramp-Up* e Estabilização

Embora a planta esteja projectada para operar em regime contínuo desde o início, é prática comum que os primeiros 12 a 18 meses sejam considerados como fase de *Ramp-up* (Radlo-Zandi, 2022), com crescimento gradual da taxa de utilização, conforme segue:

**Quadro 6-1:** Fases do *Ramp-up* e estabilização.

Ano de Operação	Taxa de Utilização	Produção Real (Toneladas)
Ano 1 ( <i>startup</i> )	70%	1.540.000
Ano 2	90%	1.980.000
Ano 3 em diante	100%	2.200.000

#### **6.6.4. Proposta de expansão Futura**

Com o objectivo de diversificar as rotas tecnológicas e aumentar a flexibilidade da indústria está prevista a incorporação futura de um ou mais fornos eléctricos a arco. Essa expansão permitirá o reaproveitamento de sucata metálica e a produção adicional de até 800 mil toneladas de aço/ano, reduzindo a dependência do alto-forno e contribuindo para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, em alinhamento com as tendências mundiais de descarbonização da siderurgia.

#### **6.7. Processo Produtivo a ser implementado na indústria**

A definição do processo produtivo é um dos pilares fundamentais na estruturação de uma indústria siderúrgica. Para o presente projecto, com capacidade prevista de 2,2 milhões de toneladas por ano e investimento estimado em USD 1,76 bilhões, a escolha recai sobre o processo integrado baseado no alto-forno seguido da refinação na aciaria a oxigénio (LD), complementado por pelletização e coqueificação como tratamentos fundamentais da matéria-prima.

Após a extracção do minério de ferro e do carvão mineral, estas matérias-primas passam por processos específicos de preparação. O minério de ferro é submetido à pelletização, onde é aglomerado em pelotas com granulometria e composição adequadas para garantir eficiência térmica dentro do alto-forno. O carvão mineral, por sua vez, passa pela coqueificação, transformando-se em coque metalúrgico, que actua como redutor e fonte de calor no alto-forno.

No alto-forno, o minério é reduzido e fundido com o coque, originando ferro-gusa líquido. Esse ferro-gusa segue para o sector de refinação, onde ocorre a refinação do aço por meio da injeção de oxigénio puro. Essa etapa remove o excesso de carbono e impurezas como fósforo, enxofre e silício, ajustando a composição química do aço conforme os padrões do mercado.

Concluída a refinação, o aço líquido é solidificado por meio do lingotamento contínuo dando-se a formação de lingotes originando produtos semiacabados como tarugos, blocos ou placas. Esses lingotes são então encaminhados às unidades de laminação a quente ou a frio, onde são transformados em produtos semiacabados como tarugos, placas e blocos.

Além disso, com o crescimento futuro da planta e o fortalecimento da cadeia de fornecimento de sucata metálica, está prevista a possibilidade de incorporar, em uma fase

posterior, fornos eléctricos a arco. Esta adição permitirá maior flexibilidade operacional, aproveitamento de sucata metálica local e potencial redução da pegada de carbono, alinhando-se às tendências globais de descarbonização da indústria siderúrgica.

## 7. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIOECONÓMICOS DA IMPLANTAÇÃO DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA EM TETE

A instalação de uma indústria siderúrgica integrada com alto-forno e conversores LD acarreta impactos relevantes tanto no meio ambiente assim como na sociedade e na economia. Por se tratar de um empreendimento intensivo em recursos naturais, energia, insumos e transporte, exige-se uma avaliação técnica rigorosa para identificar, mitigar e monitorar os efeitos gerados em todas as fases de vida da planta industrial.

### 7.1. Impactos Ambientais e Medidas Mitigadoras

#### a) Poluição atmosférica

As principais emissões atmosféricas provenientes das diversas unidades operacionais que compõem a indústria siderúrgica incluem material particulado, óxidos de nitrogénio (NO<sub>x</sub>), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), metais pesados, compostos orgânicos voláteis (COVs), compostos aromáticos alicíclicos, dioxinas, furanos, bifenilas policloradas (PCBs) e compostos ácidos (Cavalcanti, 2012). Esses poluentes atmosféricos impactam directamente a qualidade do ar, aumentando o risco de doenças respiratórias, mudanças climáticas e chuvas ácidas.

Como medida de mitigação temos:

- **Filtros de manga e precipitadores electrostáticos:** servem para capturar as partículas sólidas (poeiras finas) antes que saiam a partir das chaminés.
- **Purificadores de gases:** são usados para purificar os gases e remover substâncias nocivas como os óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), que causam chuva ácida.
- **Aproveitamento do gás do alto-forno:** em vez de liberar o gás gerado na fusão do minério, ele pode ser reaproveitado como fonte de energia na própria fábrica.
- **Sistemas de monitoramento contínuo:** sensores instalados nas saídas de gases que acompanham em tempo real os níveis de poluição, permitindo correcções rápidas.
- **Manutenção preventiva:** manter os equipamentos sempre em boas condições evita vazamentos e emissões fora do controle.

## **b) Contaminação hídrica**

A água é utilizada em todas as áreas de uma siderurgia e em praticamente todas as suas funções. Uma siderúrgica não pode funcionar sem água. Por esse motivo, as siderúrgicas são normalmente construídas perto de fontes abundantes de água doce para garantir a disponibilidade e a qualidade da água necessária à siderúrgica.

No entanto, actualmente, maior atenção é dada à gestão dos recursos hídricos disponíveis no ambiente da siderúrgica, particularmente em termos de qualidade, quantidade e utilização da água (Satyendra, 2015).

Para evitar a contaminação da água tem-se as seguintes medidas de mitigação:

- **Estação de Tratamento de Efluentes Industriais:** é o sistema que limpa a água antes de devolvê-la ao ambiente. Ele combina processos físicos, químicos e biológicos para retirar impurezas como óleo, metais pesados e partículas.
- **Reutilização da água:** sempre que possível, a água pode ser usada várias vezes dentro do próprio processo, o que reduz o consumo e o descarte.
- **Separadores de óleo e graxa:** instalados nas oficinas e áreas de manutenção, ajudam a impedir que esses resíduos entrem no sistema de drenagem.
- **Impermeabilização das redes de drenagem artificiais:** garante que efluentes ou produtos vazados não se infiltrem no solo e nem cheguem aos lençóis freáticos.
- **Monitoramento constante da água lançada:** são feitas análises frequentes para verificar se os níveis de poluentes estão dentro dos limites legais.

## **c) Geração de resíduos**

A produção do aço gera resíduos, que podem ser classificados em dois grupos: Classe I (Perigosos) e Classe II (não perigosos). Os resíduos perigosos são classificados de acordo com a: Inflamabilidade; Corrosividade; Reactividade; Toxicidade e Patogenicidade. E os não perigosos são classificados em: não inertes e inertes. Os não inertes podem ser biodegradáveis, inflamável ou solúvel em água; e os inertes, em contacto com a água, não alteram a sua potabilidade (ABNT, 2004).

Os resíduos podem impactar de forma negativa se não forem tratados correctamente. Para controlar isso, usam-se as seguintes práticas:

- **Reaproveitamento da escória:** em vez de descartar a escória gerada nos altos-fornos, ela pode ser usada como material de base para estradas ou como agregado na construção civil.
- **Estabilização e encapsulamento:** os resíduos perigosos (como lamas com metais pesados) podem ser tratados para que fiquem quimicamente estáveis e depois "encapsulados", ou seja, isolados para que não ofereçam risco.
- **Armazenamento seguro:** enquanto aguardam tratamento ou destino final, os resíduos ficam em áreas específicas, com piso impermeável e sistema de drenagem, para evitar contaminação do solo ou da água.
- **Empresas especializadas:** o transporte e o tratamento final dos resíduos perigosos são feitos por empresas licenciadas e devidamente autorizadas.
- **Valorização dos resíduos:** é possível aproveitar parte desses resíduos em outros sectores industriais, como na fabricação de cimento ou na agricultura, reduzindo o descarte e aumentando a sustentabilidade.

#### **d) Contaminação do solo e águas subterrâneas**

Caso haja vazamentos de combustíveis, óleos ou águas contaminadas, essas substâncias podem infiltrar no solo e atingir os lençóis freáticos, prejudicando a qualidade da água e oferecendo riscos à saúde das pessoas.

Portanto é essencial evitar que substâncias como óleo, combustível ou águas contaminadas se infiltrem no solo e acabem chegando aos lençóis freáticos. Para isso, algumas medidas importantes são adoptadas:

- **Redes de drenagem artificiais:** essas estruturas são construídas em locais estratégicos para evitar que qualquer vazamento entre em contacto directo com o solo.
- **Planos de emergência e kits de contenção:** em caso de acidente, a equipe tem um plano pronto para agir rápido, usando barreiras e materiais absorventes.
- **Inspecções regulares:** tanques e tubulações devem ser verificados com frequência para detectar e corrigir qualquer risco de vazamento.

- **Monitoramento do solo:** são feitas medições em pontos específicos para garantir que a água subterrânea não esteja sendo contaminada.
- **Reparação de áreas danificadas:** se alguma área for afectada, pode ser recuperada com técnicas como biorremediação, que usa microrganismos para limpar o solo, ou com cobertura controlada para isolar o local.

#### e) **Poluição sonora**

A operação de uma siderúrgica envolve uma serie de máquinas pesadas e industriais que geram muito barulho e vibração. Se não forem controlados, esses ruídos podem incomodar os trabalhadores e as comunidades próximas. Para evitar isso, são adoptadas as seguintes medidas:

- **Manutenção preventiva:** manter os equipamentos bem ajustados e lubrificados ajuda a reduzir ruídos mecânicos e vibrações excessivas.
- **Monitoramento dos níveis de ruído:** são feitas medições regulares nos limites da fábrica e nas áreas vizinhas para garantir que os níveis estejam dentro dos padrões legais.
- **Conscientização da equipe:** os trabalhadores recebem orientações sobre o uso de equipamentos de protecção auditiva e a importância de manter o controle do ruído nas suas áreas de actuação.

### 7.2. **Impactos socioeconómicos**

A instalação de uma indústria siderúrgica na província de Tete representa uma oportunidade estratégica para dinamizar a economia regional, sobretudo num contexto onde há disponibilidade local de carvão mineral e minério de ferro. Entretanto, também envolve desafios socioeconómicos que precisam ser analisados com responsabilidade.

Abaixo estão analisados os impactos socioeconómicos relevantes:

#### a) **Geração de Emprego e Renda**

Um dos impactos mais imediatos é a criação de postos de trabalho directos e indirectos. Na fase de construção civil da planta, haverá forte demanda por mão de obra em obras, montagem industrial e logística. Na fase operacional, serão criados empregos técnicos e

administrativos, com destaque para áreas como manutenção, produção, controle de qualidade e segurança.

Além dos empregos directos, estima-se o surgimento de novas oportunidades em sectores como transporte, alimentação, alojamento, comércio e prestação de serviços, activando uma cadeia económica ao redor da indústria.

### **b) Capacitação Técnica e Transferência de Tecnologia**

A chegada de uma unidade industrial desse porte exigirá mão de obra qualificada, o que pode estimular a criação de centros de formação técnica em parceria com instituições locais e governamentais. Isso favorece a transferência de conhecimento e tecnologia, elevando o nível técnico dos trabalhadores da região.

Além disso, a formação de engenheiros, soldadores, técnicos em siderurgia e profissionais de operação industrial poderá fortalecer a base de capital humano da província.

### **c) Dinamização da Economia Local**

A siderurgia pode ser vista como base para várias outras indústrias: construção civil, metalomecânica, bens de consumo durável, infra-estrutura e logística. Com a presença da planta, há um potencial para:

- Atracção de novos investimentos industriais e comerciais;
- Melhoria da infra-estrutura pública e logística, como estradas e fornecimento de energia;
- Aumento da arrecadação fiscal municipal e provincial por meio de impostos directos e indirectos.

### **d) Reordenamento Territorial e Pressão sobre Serviços Públicos**

A instalação de um empreendimento de grande porte tende a atrair migração populacional e provocar crescimento urbano acelerado. E isso pode gerar:

- Pressão sobre os sistemas de saúde, educação, transporte e habitação;
- Aumento do custo de vida e da desigualdade social, se o crescimento não for bem distribuído;
- Riscos de formação de assentamentos informais, caso não haja planejamento urbano adequado.

Para mitigar esses efeitos, recomenda-se a adopção de medidas como:

- Parcerias para formação profissional local;
- Prioridade na contratação de mão de obra da região;
- Apoio ao reforço de escolas, centros de saúde e habitação;
- Planeamento urbano conjunto com as autoridades locais.

É essencial garantir processos justos de reassentamento, promover canais permanentes de diálogo com as comunidades e implementar programas de responsabilidade social voltados à inclusão e desenvolvimento sustentável da região.

## 8. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A análise financeira, confirma a viabilidade económica do projecto nos cenários conservador e optimista, com os seguintes resultados-chave:

O VAL é positivo em ambos o cenário foi positivo, significando que o projecto é capaz de gerar valor para os accionistas, superando o custo do capital que representa a taxa mínima de atractividade ao longo da sua vida útil de 20 anos. O VAL no cenário optimista é de USD 3,3 bilhões, reflectindo o potencial de lucro da operação em grande escala.

A TIR é o principal indicador de atractividade. O resultado da TIR em no cenário conservador é significativamente superior à Taxa Mínima de Atractividade (TMA) de 12,24%. Isto sugere que o projecto oferece um retorno capaz de compensar o elevado risco político e económico inerente a um grande investimento em Moçambique.

O Tempo de Retorno de no cenário mais crítico que o conservador e esta entre o ano 8 e o ano um período relativamente longo, coerente com projectos de grande escala e elevado investimento inicial e também está dentro do período de vida útil da usina, indicando que o capital investido será recuperado rapidamente.

Os resultados obtidos alinham-se com referências internacionais para projectos de siderurgia integrada. Os custos de implantação utilizados (USD 600–800 milhões por Mtpa) estão de acordo com relatórios recentes sobre plantas de baixo teor de emissões.

Da mesma forma, os custos operacionais adoptados, USD 600 por tonelada no cenário optimista e USD 800 por tonelada no conservador encaixam-se nos intervalos globais para siderúrgicas integradas, cujo CO típica varia entre USD 600 e USD 800 por tonelada.

O preço de venda do aço laminado a quente, de USD 882 por tonelada (Trading Economics, 2025), é compatível com a média internacional, o que valida as projecções de receita. A TIR de 30% obtida no cenário optimista encontra paralelo em projectos siderúrgicos de países emergentes com forte demanda interna, reforçando a atractividade da iniciativa.

Embora os números sejam positivos, a viabilidade real depende da superação de certos desafios estruturais de Moçambique:

- **Logística e Infra-estrutura:** A carência de infra-estruturas é o maior obstáculo. A viabilidade económica do projecto depende da logística e infra-estruturas

presentes. Qualquer falha logística poderá atrasar o tempo de retorno poderá comprometer a receita.

- **Energia:** O processo de redução no Alto-Forno é extremamente intensivo em energia. A disponibilidade de electricidade fiável é crucial. A viabilidade técnica requer o desenvolvimento de uma solução energética dedicada, seja através de fornecimento estável da energia eléctrica ou da construção de uma central própria, para evitar falhas que paralitem a produção.
- **Mão de Obra:** O projecto exigirá mão de obra altamente especializada para operar a indústria siderúrgica. Embora o projecto crie empregos a necessidade de importar e formar técnicos qualificados aumentará os custos operacionais nos primeiros anos.

Os riscos inerentes a este projecto podem ser resumidos no quadro a seguir:

**Quadro 8-1:** Impacto na viabilidade do projecto dos diferentes tipos de risco.

<b>Tipo de Risco</b>	<b>Risco Específico em Tete</b>	<b>Impacto na Viabilidade</b>
Risco Económico	Desvalorização do preço do aço	Redução do preço de venda o que pode resultar na diminuição drástica das receitas e do valor actual líquido no final do tempo d vida útil.
Risco Operacional	Interrupção Logística	Atrasos nas entregas podendo originar perdas de contractos e penalidades. Este risco também irá influenciar no atraso do tempo de retorno e no Fluxo de Caixa Negativo.
Risco Ambiental	Não conformidade com as políticas ambientais	Podem resultar em sanções como multas, suspensão de actividades, advertências e reparação de danos aumentando assim os custos operacionais o que poderás influenciara na taxa interna de retorno
Risco Financeiro	Aumento da taxa de juro	Influencia directamente no valor actual líquido reduzido de forma drástica e aumento o risco de rejeição do durante a decisão do investimento

O preço de venda é a variável que mais impacta o VAL e a TIR. Um aumento de significativo no preço do aço melhora o fluxo de caixa, enquanto quedas abaixo de USD 800 por tonelada podem reduzir de forma significativa a rentabilidade do projecto.

Os Custos de energia conforme já havia sido abordado, sendo o processo integrado intensivo em consumo energético, as oscilações nas tarifas podem aumentar o custo operacional em dezenas de milhões por ano e isso contribui também directamente para a menor rentabilidade.

## **9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **9.1. Conclusões**

Com o estudo do mercado do aço constatou – se a existência de uma elevada dependência de importações em Moçambique, ao mesmo tempo em que há um crescimento constante da demanda regional, especialmente no sector da construção civil e de infra-estrutura. A província de Tete apresenta potencial estratégico para suprir parte dessa demanda, devido à sua riqueza em minério de ferro e carvão mineral.

O fluxo produtivo da planta foi definido com base em uma rota integrada de produção, contemplando pelletização, coqueificação, alto-forno, refinação, lingotamento contínuo e laminação. A capacidade estimada de produção é de 2,2 milhões de toneladas de aço por ano, no qual podemos classificar a unidade como uma siderúrgica de grande porte.

A análise de viabilidade técnica e económica do projecto forneceu resultados positivos em dois cenários de análise (conservador e optimista). O VAL foi positivo em ambos os casos, com destaque para a TIR de 30% no cenário optimista e um tempo de retorno que está entre 5 e 9 anos, confirmando a atractividade do investimento.

O plano de negócios desenvolvido demonstrou coerência entre os recursos disponíveis, os mercados-alvo e a estrutura da produção proposta, com destaque para a possibilidade de expansão e diversificação das rotas produtivas, incluindo a introdução de forno eléctrico a arco na segunda fase.

A avaliação dos impactos ambientais e socioeconómicos identificou efeitos positivos, como a geração de empregos e o fortalecimento da economia local, e propôs medidas mitigadoras para os impactos ambientais decorrentes da actividade industrial, assegurando alinhamento com os princípios de sustentabilidade.

### **9.2. Recomendações**

Considerando que este trabalho possui um carácter técnico e académico com forte aplicabilidade prática, recomenda-se a sua continuidade e aprofundamento em áreas estratégicas que contribuam para a execução real do projecto de implantação da indústria siderúrgica na província de Tete. Abaixo destacam-se alguns aspectos que poderão complementar e enriquecer futuras análises:

- Projecção planta siderúrgica, com base nos fluxos funcionais definidos neste estudo, integrando os sectores de pelletização, coqueificação, alto-forno,

refinação, lingotamento e laminação em escala real, com delimitação de áreas, acessos logísticos e zoneamento industrial.

- Realização de ensaios geotécnicos e hidrológicos, ou seja, o estudo do campo no terreno proposto, para avaliar as condições construtivas e mitigar riscos ambientais na implantação da infra-estrutura.
- Conduzir um estudo de viabilidade técnica e económica para a utilização de fontes de energia renovável (solar ou eólica) no suprimento da fábrica, visando reduzir os custos operacionais de longo prazo e as emissões de carbono.
- Desenvolver modelos de previsão de mercado que explorem cenários de crises económicas globais ou de guerra comercial para avaliar a resiliência do projecto face a choques externos de procura.
- Estabelecer programas de formação e capacitação técnica em parceria com instituições de ensino locais para assegurar a transferência de conhecimento e reduzir a dependência de mão de obra estrangeira.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- i. **ABNT.** (2004). *NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação*. (Publicado 31 de Maio de 2004).
- ii. **Acheoampong, T., & Vitenu-Sackey, P. A.** (2024, 10 de Outubro). *Industrialisation in Africa: Leading countries and reasons for their success*. APRI-Africa Policy Research Institute. <https://afripoli.org/industrialisation-in-africa-leading-countries-and-reasons-for-their-success>
- iii. **Bepex.** (2025, 10 de Junho). *Processo de Bessemer*. Bepex. <https://bepex.com.br/processo-de-bessemer/>
- iv. **Bodinier, J., & Peverireri, A.** (2025, 11 de Fevereiro). ArcelorMittal expects steel demand increase 2025 after positive Q4. *Reuters*. <https://www.reuters.com/markets/commodities/arcelormittal-expects-steel-demand-increase-2025-after-positive-q4-2025-02-06/>
- v. **Cavalcanti, P. P.** (2012). Gestão ambiental na indústria siderúrgica—Aspectos relacionados às emissões atmosféricas. *Gestão Ambiental na Indústria Siderúrgica - Aspectos Relacionados às Emissões Atmosféricas*, 1(2), 12–14.
- vi. **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.** (2008). *Estudo prospectivo do setor siderúrgico*. Panorama do Setor Siderúrgico, 10–12.
- vii. **Chandamela, M.** (2025). Implicações sócio-económicas, ambientais e do quadro legal, no âmbito da exploração mineira em Tete. *Observatório do Meio Rural (OMR)*.
- viii. **Choudhury, S.** (2023). *How much coal is needed to make a ton of steel*. [Resposta à pergunta: "How much coal is needed to make a ton of steel?"] [Online forum post]. Quora. <https://www.quora.com/How-much-coal-is-needed-to-make-a-ton-of-steel>
- ix. **Equipe B.** (2025, 1 de Abril). *What 5 metrics should you track for your steel plant business?* Business Plans. <https://businessplan-templates.com/blogs/metrics/steel-plant>
- x. **Expert Market Research.** (2025). *As 8 maiores empresas que dominam o mercado siderúrgico e o crescimento da África: Relatório e previsão do mercado de aço na África 2025-2034*. <https://www.expertmarketresearch.com/blogs/top-steel-companies-in-africa>
- xi. **Global Energy Monitor Wiki.** (2023). *Custo de construção de usina siderúrgica*. [https://www.gem.wiki/Steel\\_plant\\_construction\\_cost](https://www.gem.wiki/Steel_plant_construction_cost)

- xii. **Instituto Nacional de Estatística (INE).** (2022). *IV Recenseamento geral da população e habitação*. INE.
- xiii. **John.** (2023, 30 de Julho). *Assets salvage value*. Tecnologias Harbourfront. <https://harbourfronts.com/assets-salvage-value/>
- xiv. **Kalenborn.** (2024, 20 de Dezembro). *Sustentabilidade na Indústria Siderúrgica*. Kalenborn. <https://kalenborn.com.br/sustentabilidade-na-industria-siderurgica/>
- xv. **Lambo, E.** (2024, 24 de Maio). *Carência de infra-estruturas limita economia nacional. O País.* <https://opais.co.mz/carencia-de-infra-estruturas-limita-economia-nacional/>
- xvi. **LUSA.** (2025, 30 de Maio). *Os bancos mantêm taxas de juro de referência em Moçambique nos 18% em junho. Economia ao Minuto.* <https://www.noticiasao minuto.com/economia/2796773/bancos-mantem-taxa-de-juro-de-referencia-em-mocambique-nos-18-em-junho>
- xvii. **Matos, A.** (2015). *Materiais I: Produção de aço e ferro fundido*. Universidade Eduardo Mondlane.
- xviii. **Mattei, J.** (2016). *Análise da viabilidade econômico-financeira, da ampliação da produção de rapaduras na agroindústria Mattei, considerando o risco associado ao retorno esperado* (Graduação em Administração - LFE Administração de Empresas). Universidade do Vale do Taquari - Univates.
- xix. **Mozambique Expert.** (2025). *Tete Province*. <https://www.mozambiqueexpert.com/en/tete-province/>
- xx. **Oeste Comercial de Ferro e Aço.** (2023). *Da matéria-prima ao produto final. Oeste Comercial de Ferro e Aço.* <https://oestefer.com.br/em-destaque/da-materia-prima-ao-produto-final>
- xxi. **Oeste Comercial de Ferro e Aço.** (2023, 12 de Julho). *Os desafios da indústria siderúrgica e as perspectivas para o futuro.* <https://oestefer.com.br/em-destaque/os-desafios-da-industria-siderurgica-e-as-perspectivas-para-o-futuro>
- xxii. **Perfipar.** (2025, 10 de Junho). *Aço no mundo: Dados e informações sobre a produção global.* <https://www.perfipar.com.br/artigo/aco-no-mundo-dados-e-informacoes-sobre-a-producao-global/39>
- xxiii. **Província de Tete.** (2024). *Província de Tete* [Artigo da Wikipédia]. Wikipédia. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Province\\_de\\_Tete?](https://fr.wikipedia.org/wiki/Province_de_Tete?)

- xxiv. Radlo-Zandi, M.** (2022, 8 de Abril). Does your startup have enough runway? 5 factors to consider. *Techcrunch*. <https://techcrunch.com/2022/04/08/does-your-startup-have-enough-runway-5-factors-to-consider/>
- xxv. Sacchelli.** (2023, 20 de Janeiro). *Refino do aço e seus objetivos*. Blog Sacchelli. <https://sacchelli.com.br/refino-do-aco-e-seus-objetivos/>
- xxvi. Satyendra.** (2015, 13 de Julho). *Água utilizada na usina siderúrgica e seus tipos*. Ispatguru. <https://www.ispatguru.com/water-used-in-steel-plant-and-its-types/>
- xxvii. Sousa, P.** (2023). *Siderúrgica: O que é, história, conceito e definição*. <https://conceito.de/siderurgia>
- xxviii. WCONEX.** (2023, 6 de Fevereiro). *A indústria siderúrgica*. Wconex. <https://www.wconex.com/a-industria-siderurgica/>
- xxix. World Steel Association.** (2025). *December 2024 crude steel production and 2024 global crude steel production totals*. World Steel Association. <https://worldsteel.org/media/press-releases/2025/december-2024-crude-steel-production-and-2024-global-totals/>

# APÊNDICES

**Apêndice A:** Fluxo de caixa para a análise conservadora.

<b>Ano</b>	<b>Vendas (USD)</b>	<b>CO (USD)</b>	<b>Amortização (USD)</b>	<b>RAI (USD)</b>	<b>Imposto (USD)</b>	<b>RL (USD)</b>
1	1 940 400 000,00	1 760 000 000,00	88 000 000,00	92 400 000,00	29 568 000,00	62 832 000,00
2	1 988 910 000,00	1 760 000 000,00	88 000 000,00	140 910 000,00	45 091 200,00	95 818 800,00
3	2 038 632 750,00	1 760 000 000,00	88 000 000,00	190 632 750,00	61 002 480,00	129 630 270,00
4	2 089 598 568,75	1 760 000 000,00	88 000 000,00	241 598 568,75	77 311 542,00	164 287 026,75
5	2 141 838 532,97	1 760 000 000,00	88 000 000,00	293 838 532,97	94 028 330,55	199 810 202,42
6	2 195 384 496,29	1 760 000 000,00	88 000 000,00	347 384 496,29	111 163 038,81	236 221 457,48
7	2 250 269 108,70	1 760 000 000,00	88 000 000,00	402 269 108,70	128 726 114,78	273 542 993,92
8	2 306 525 836,42	1 760 000 000,00	88 000 000,00	458 525 836,42	146 728 267,65	311 797 568,76
9	2 364 188 982,33	1 760 000 000,00	88 000 000,00	516 188 982,33	165 180 474,35	351 008 507,98
10	2 423 293 706,89	1 760 000 000,00	88 000 000,00	575 293 706,89	184 093 986,20	391 199 720,68
11	2 483 876 049,56	1 760 000 000,00	88 000 000,00	635 876 049,56	203 480 335,86	432 395 713,70
12	2 545 972 950,80	1 760 000 000,00	88 000 000,00	697 972 950,80	223 351 344,26	474 621 606,54
13	2 609 622 274,57	1 760 000 000,00	88 000 000,00	761 622 274,57	243 719 127,86	517 903 146,71
14	2 674 862 831,43	1 760 000 000,00	88 000 000,00	826 862 831,43	264 596 106,06	562 266 725,37
15	2 741 734 402,22	1 760 000 000,00	88 000 000,00	893 734 402,22	285 995 008,71	607 739 393,51
16	2 810 277 762,27	1 760 000 000,00	88 000 000,00	962 277 762,27	307 928 883,93	654 348 878,35
17	2 880 534 706,33	1 760 000 000,00	88 000 000,00	1 032 534 706,33	330 411 106,03	702 123 600,30
18	2 952 548 073,99	1 760 000 000,00	88 000 000,00	1 104 548 073,99	353 455 383,68	751 092 690,31
19	3 026 361 775,84	1 760 000 000,00	88 000 000,00	1 178 361 775,84	377 075 768,27	801 286 007,57
20	3 102 020 820,23	1 760 000 000,00	88 000 000,00	1 254 020 820,23	401 286 662,47	852 734 157,76

**Apêndice B:** Fluxo de caixa para a análise otimista.

<b>Ano</b>	<b>Vendas (USD)</b>	<b>CO (USD)</b>	<b>Amortização (USD)</b>	<b>RAI (USD)</b>	<b>Imposto (USD)</b>	<b>RL (USD)</b>
1	1 940 400 000,00	1 320 000 000,00	88 000 000,00	532 400 000,00	170 368 000,00	362 032 000,00
2	2 008 314 000,00	1 320 000 000,00	88 000 000,00	600 314 000,00	192 100 480,00	408 213 520,00
3	2 078 604 990,00	1 320 000 000,00	88 000 000,00	670 604 990,00	214 593 596,80	456 011 393,20
4	2 151 356 164,65	1 320 000 000,00	88 000 000,00	743 356 164,65	237 873 972,69	505 482 191,96
5	2 226 653 630,41	1 320 000 000,00	88 000 000,00	818 653 630,41	261 969 161,73	556 684 468,68
6	2 304 586 507,48	1 320 000 000,00	88 000 000,00	896 586 507,48	286 907 682,39	609 678 825,08
7	2 385 247 035,24	1 320 000 000,00	88 000 000,00	977 247 035,24	312 719 051,28	664 527 983,96
8	2 468 730 681,47	1 320 000 000,00	88 000 000,00	1 060 730 681,47	339 433 818,07	721 296 863,40
9	2 555 136 255,32	1 320 000 000,00	88 000 000,00	1 147 136 255,32	367 083 601,70	780 052 653,62
10	2 644 566 024,26	1 320 000 000,00	88 000 000,00	1 236 566 024,26	395 701 127,76	840 864 896,50
11	2 737 125 835,11	1 320 000 000,00	88 000 000,00	1 329 125 835,11	425 320 267,23	903 805 567,87
12	2 832 925 239,34	1 320 000 000,00	88 000 000,00	1 424 925 239,34	455 976 076,59	968 949 162,75
13	2 932 077 622,71	1 320 000 000,00	88 000 000,00	1 524 077 622,71	487 704 839,27	1 036 372 783,45
14	3 034 700 339,51	1 320 000 000,00	88 000 000,00	1 626 700 339,51	520 544 108,64	1 106 156 230,87
15	3 140 914 851,39	1 320 000 000,00	88 000 000,00	1 732 914 851,39	554 532 752,45	1 178 382 098,95
16	3 250 846 871,19	1 320 000 000,00	88 000 000,00	1 842 846 871,19	589 710 998,78	1 253 135 872,41
17	3 364 626 511,68	1 320 000 000,00	88 000 000,00	1 956 626 511,68	626 120 483,74	1 330 506 027,94
18	3 482 388 439,59	1 320 000 000,00	88 000 000,00	2 074 388 439,59	663 804 300,67	1 410 584 138,92
19	3 604 272 034,98	1 320 000 000,00	88 000 000,00	2 196 272 034,98	702 807 051,19	1 493 464 983,78
20	3 730 421 556,20	1 320 000 000,00	88 000 000,00	2 322 421 556,20	743 174 897,98	1 579 246 658,22

**Apêndice C:** Projeções do RL, VAL e RL Acumulado ao longo dos 20 anos para a análise conservadora.

<b>Ano</b>	<b>RL (USD)</b>	<b>VAL (USD)</b>	<b>RL Acumulado (USD)</b>
0	- 1 760 000 000,00	- 1 760 000 000,00	- 1 760 000 000,00
1	62 832 000,00	55 980 042,77	- 1 697 168 000,00
2	95 818 800,00	76 059 840,71	- 1 601 349 200,00
3	129 630 270,00	91 677 645,60	- 1 471 718 930,00
4	164 287 026,75	103 517 228,93	- 1 307 431 903,25
5	199 810 202,42	112 170 684,39	- 1 107 621 700,83
6	236 221 457,48	118 149 910,41	- 871 400 243,35
7	273 542 993,92	121 896 711,59	- 597 857 249,44
8	311 797 568,76	123 791 680,98	- 286 059 680,67
9	351 008 507,98	124 162 006,16	64 948 827,31
10	391 199 720,68	123 288 326,01	456 148 547,99
11	432 395 713,70	121 410 750,01	888 544 261,69
12	474 621 606,54	118 734 139,40	1 363 165 868,24
13	517 903 146,71	115 432 737,59	1 881 069 014,94
14	562 266 725,37	111 654 227,38	2 443 335 740,32
15	607 739 393,51	107 523 283,40	3 051 075 133,82
16	654 348 878,35	103 144 680,27	3 705 424 012,17
17	702 123 600,30	98 606 009,76	4 407 547 612,47
18	751 092 690,31	93 980 054,18	5 158 640 302,79
19	801 286 007,57	89 326 857,64	5 959 926 310,36
20	852 734 157,76	84 695 531,81	6 812 660 468,11
<b>Total</b>		<b>335 202 349,00</b>	

**Apêndice D:** Projeções do RL, VAL e RL Acumulado ao longo dos 20 anos para a análise otimista.

<b>Ano</b>	<b>RL (USD)</b>	<b>VPL (USD)</b>	<b>RL acumulado (USD)</b>
0	- 1 760 000 000,00	- 1 760 000 000,00	- 1 760 000 000,00
1	362 032 000,00	322 551 674,98	-1 397 968 000,00
2	408 213 520,00	324 035 109,07	-989 754 480,00
3	456 011 393,20	322 502 228,04	- 533 743 086,80
4	505 482 191,96	318 504 247,24	-28 260 894,84
5	556 684 468,68	312 514 962,14	528 423 573,84
6	609 678 825,08	304 940 538,97	1 138 102 398,93
7	664 527 983,96	296 128 132,71	1 802 630 382,89
8	721 296 863,40	286 373 468,40	2 523 927 246,29
9	780 052 653,62	275 927 506,55	3 303 979 899,91
10	840 864 896,50	265 002 299,35	4 144 844 796,41
11	903 805 567,87	253 776 132,33	5 048 650 364,28
12	968 949 162,75	242 398 035,36	6 017 599 527,03
13	1 036 372 783,45	230 991 737,20	7 053 972 310,48
14	1 106 156 230,87	219 659 129,28	8 160 128 541,34
15	1 178 382 098,95	208 483 296,84	9 338 510 640,29
16	1 253 135 872,41	197 531 169,04	10 591 646 512,70
17	1 330 506 027,94	186 855 833,24	11 922 152 540,65
18	1 410 584 138,92	176 498 554,05	13 332 736 679,57
19	1 493 464 983,78	166 490 532,40	14 826 201 663,35
20	1 579 246 658,22	156 854 436,25	16 405 448 321,57
<b>Total</b>		<b>3 308 019 023,43</b>	