

# V Seminário Brasileiro de Terras Raras

P&D em Meio Ambiente, Sustentabilidade e Reciclagem



**Desenvolvimento Sustentável como estratégia de competitividade para cadeia produtiva de Ímãs de Terras Raras no Brasil**

**Prof. Orestes Alarcon**



# Desafios: Superar anos de falta de investimentos e sobreviver ao mundo da escala do Dragão!!!



## Premissas para vencer os desafios:

1. **Ciência** bem desenvolvida com investimentos contínuos em P&D+I&S;
2. **Tecnologia** - **Laboratório Fábrica operacional** como gerador/desenvolvedor de processos, produtos e engenharia de aplicação de ímãs, integrando a cadeia de suprimentos e o mercado, e;
3. **Gestão** - Implementação e de uma **Economia Circular Sustentável** - **Ímãs + Verdes**, como estratégia de competitividade para a nascente Indústria Brasileira de ITR
4. **Mercado** - energia eólica e mobilidade elétrica priorizada pelo governo

# Nosso Objetivo Maior:

## OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



### *Estratégia dos ODS*

*Governos, empresas e sociedades são convidadas a atuar em conjunto e colaborar com os desafios globais estabelecidos pelos 193 países signatários da ONU até 2030”*

1. **Conceber, desenhar, implementar e operacionalizar ações baseadas no Desenvolvimento Sustentável de Ímãs + Verdes**, como estratégia fundamental de ganhos de competitividade global para a nascente Indústria Brasileira de ITR, tendo o LabFab como modelo piloto guia para o desenvolvimento teórico e experimental.

2. Estabelecer **parcerias estratégicas** comerciais e em nichos de mercado com diferencial competitivo

# Nossas pesquisas INCT PATRIA e REGINA focadas no LABFAB

Indicadores ambientais e avaliação ambiental:  
foco no processo

Práticas da sustentabilidade e gestão ESG:  
foco na Sustentabilidade Corporativa

Economia Circular:  
foco nas barreiras e facilitadores

Economia Circular:  
foco no processo de reciclagem e no pós consumo

Evolução das pesquisas ao longo do tempo

2017

2018

2019

2021

2023

# Resultados alcançados

# Panorama global da produção de ITR em relação aos ODSs? com base na PBS e análise SWOT

## Forças

Contribui para uma economia verde

Grande potencial de reciclagem dos ímãs pós uso

## Fraquezas

Necessidade de melhoria na eficiência de processos

atos

7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Renewable and Sustainable Energy Reviews

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/rser>

## Oportunidades

Achieving Sustainable Development Goals in rare earth magnets production: A review on state of the art and SWOT analysis

negativas

Grande potencial

Mariele Canal Bonfante<sup>a</sup>, Jéssica Prats Raspini<sup>b</sup>, Ivan Belo Fernandes<sup>c</sup>, Suélen Fernandes<sup>b</sup>, Lucila M.S. Campos<sup>b,d,\*</sup>, Orestes Estevam Alarcon<sup>a</sup>

11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS



12 CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS



3 SAÚDE E BEM-ESTAR



8 TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO



9 INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA



15 VIDA TERRESTRE



# Panorama global da produção de ITR em relação aos ODSs, com base na literatura?

## Forças

Contribui para uma economia verde

Grande potencial de reciclagem dos ímãs pós uso

7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL



11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS



12 CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS



13 AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA



## Oportunidades

Grande potencial para a Economia Circular

11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS



12 CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS



## Fraquezas

Necessidade de melhoria na eficiência de processos

Falta de dados atualizados sobre impactos

15 VIDA TERRESTRE



17 PARCERIAS E MEIOS DE IMPLEMENTAÇÃO



## Ameaças

Consequências ambientais e sociais negativas

Riscos de abastecimento e incertezas

3 SAÚDE E BEM-ESTAR



8 TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO



9 INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA



15 VIDA TERRESTRE



# 1. Indicadores ambientais e avaliação ambiental: foco no processo

Ferramenta de gestão  
para identificação  
dos pontos críticos  
ambientais



+ Literatura



Material

Energia

Água

Seleção de  
Fornecedores

Resíduos

Emissões





## 1.1. Quais os indicadores ambientais são relevantes no LabFab e como medi-los?



### Material

31% dos elementos envolvidos na produção de ITR são classificados como perigosos

### Energia

Diferencial brasileiro por utilizar energia renovável (maiores impactos na fabricação de ITR provém da produção de energia)

### Água

Reutilização das águas do processo de resfriamento

### Seleção de Fornecedores

O cenário ideal, em termos de emissões de CO<sub>2</sub>, configura o fornecimento 100% nacional combinando ao uso do transporte ferroviário ao hidroviário, com uso de energia elétrica de fonte solar

### Resíduos

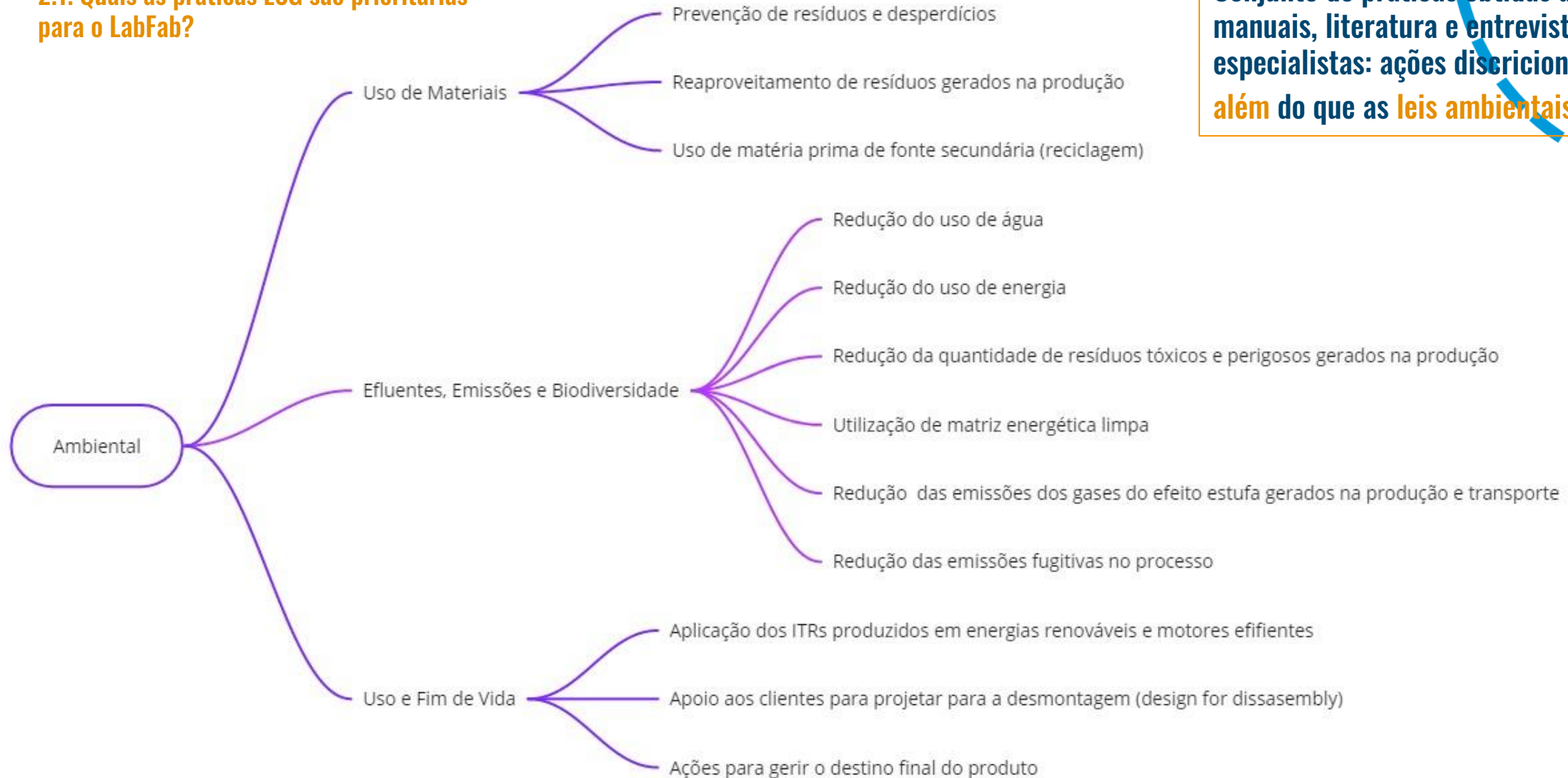
Para a fabricação de 8 ton de ITR a geração de resíduos globais é estimada em 6,5 toneladas/ano; onde 0,4 toneladas/ano de rejeitos de ETR (NdPr e NdFeB).

### Emissões

Para a fabricação de 8 ton de ITR: 51 toneladas de CO<sub>2</sub>equivalente/ano, em que 79% das emissões são provenientes da energia utilizada

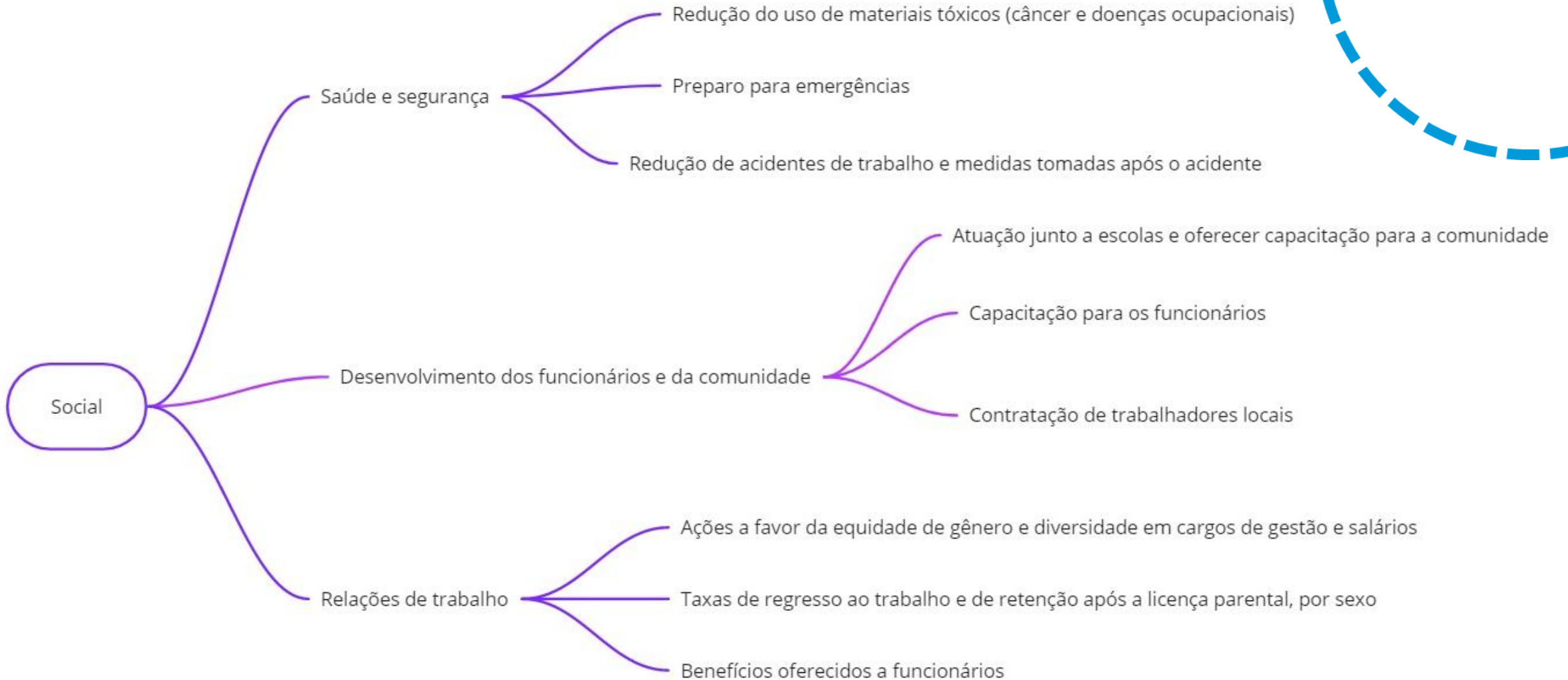
## 2. Práticas da sustentabilidade e gestão ESG: foco na Sustentabilidade Corporativa

### 2.1. Quais as práticas ESG são prioritárias para o LabFab?

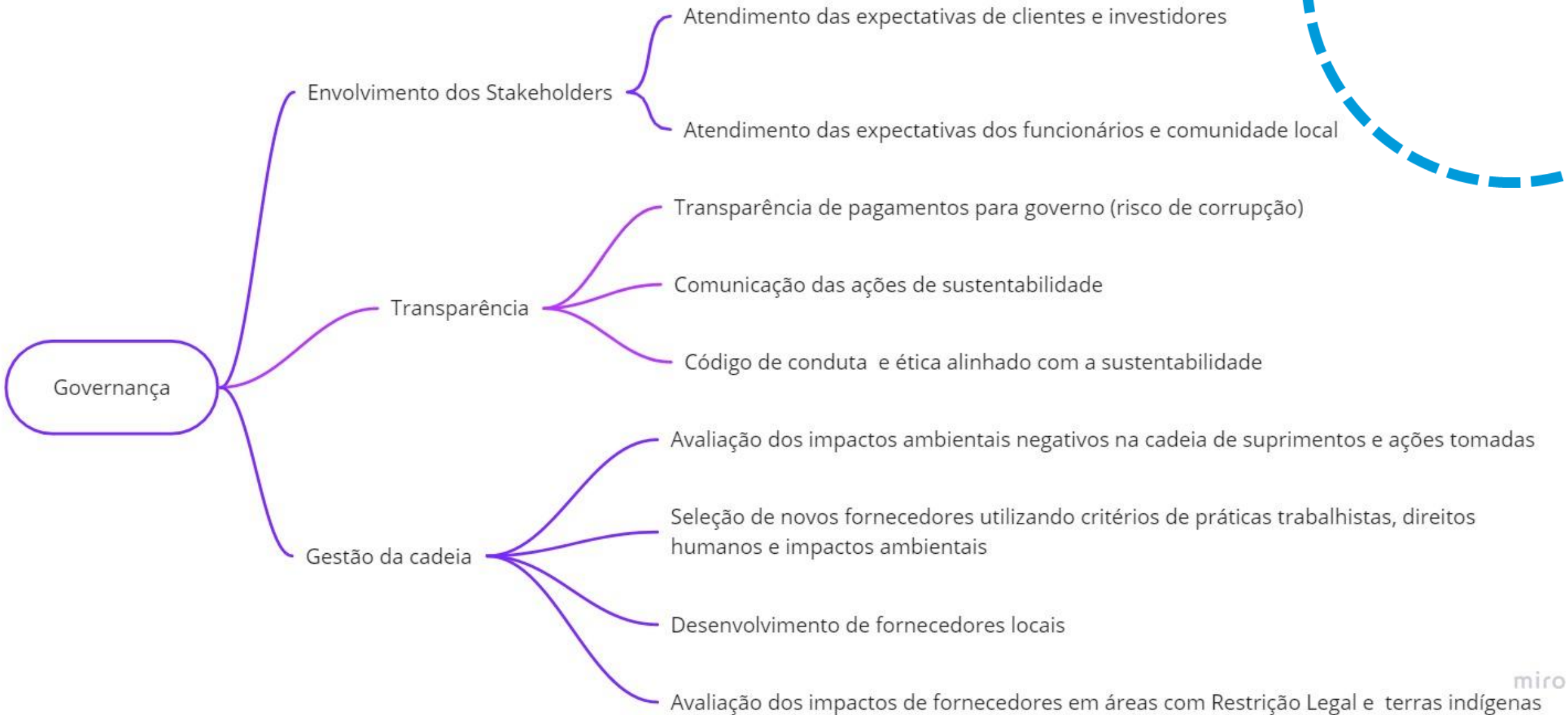


Conjunto de práticas obtidas a partir de manuais, literatura e entrevistas com especialistas: ações discricionárias, ou seja, além do que as leis ambientais exigem!

## 2.2. Quais as práticas ESG são prioritárias para o LabFab?



## 2.3. Quais as práticas ESG são prioritárias para o LabFab?



# 2. Como gerenciar a sustentabilidade no LabFab?



Alinhamento estratégico do papel da empresa no alcance dos ODS

Modelo/ferramenta de gestão elaborada a partir da literatura + ODS + participação equipe LabFab

Divulgar as ações e resultados de forma transparente e monitorar

Ciclos anuais



O que é relevante na produção de ITR?

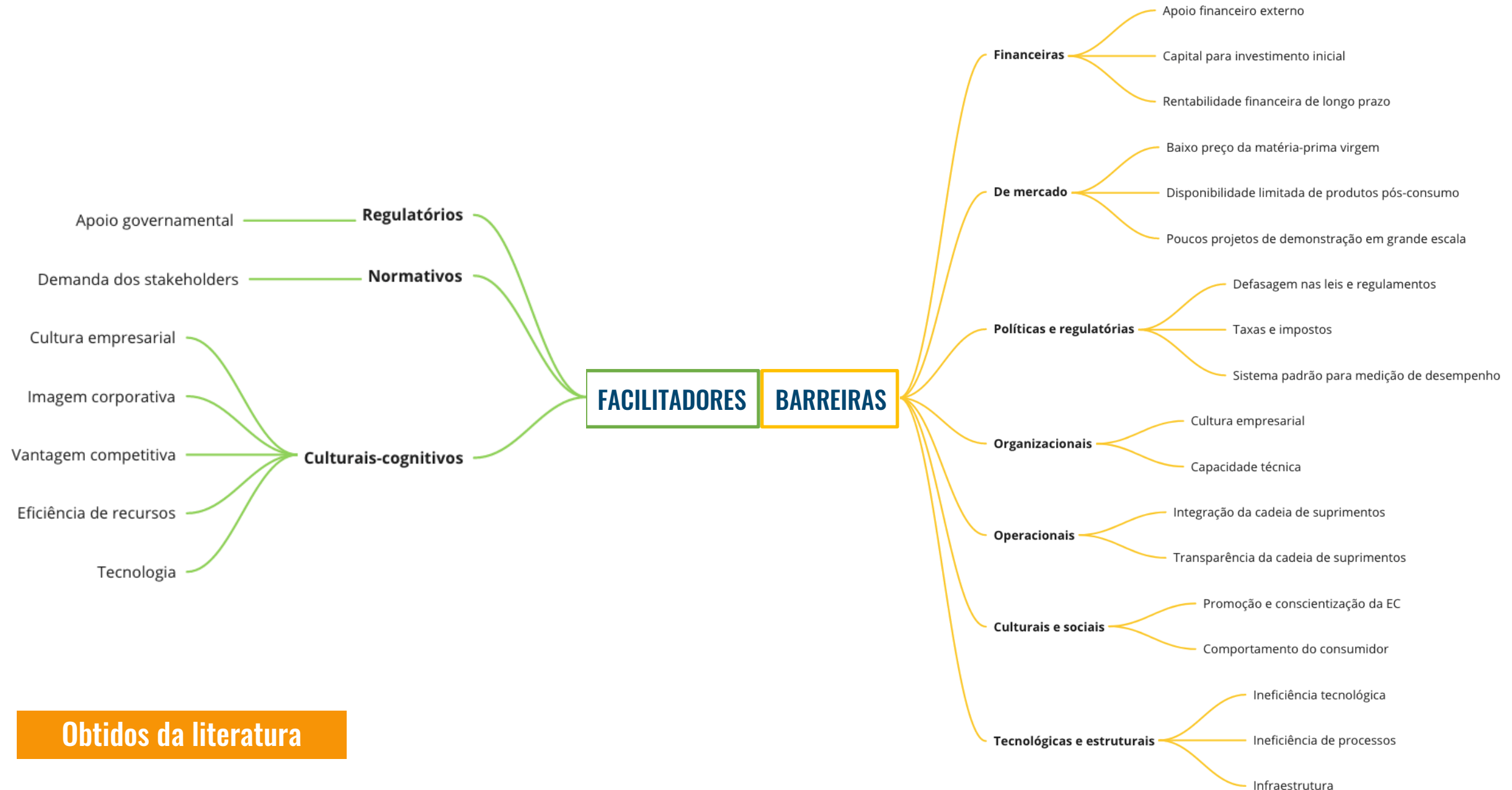
Prioridades e Metas de sustentabilidade



REGISTROS DOS CICLOS PDCA		
Data:	Processo:	Métricas:
Pessoas:	O que esperamos	
		Cronograma:

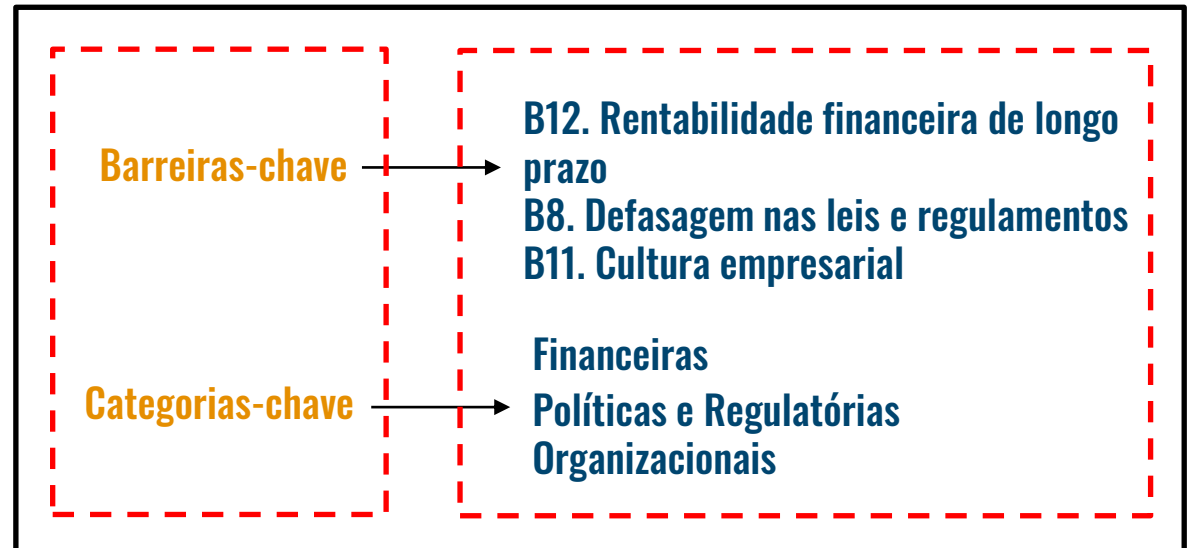
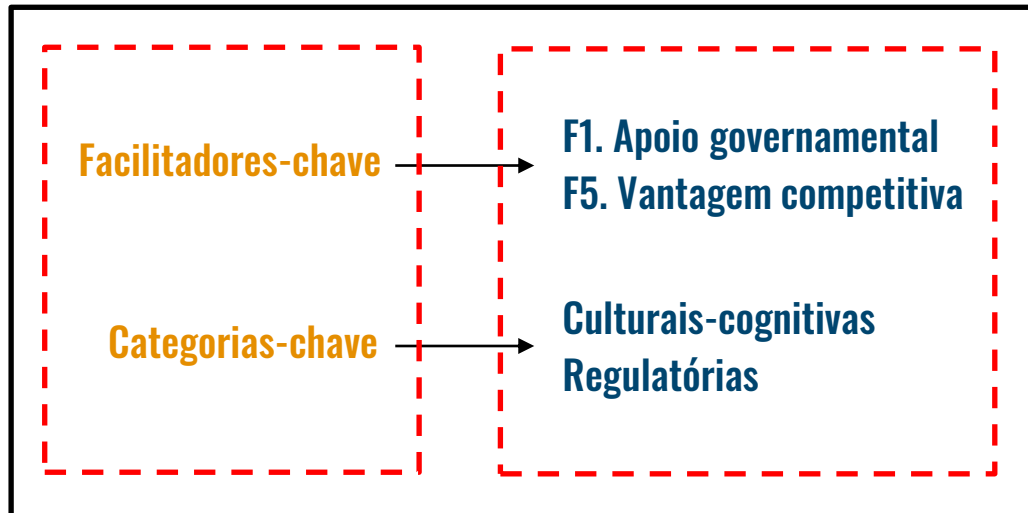
Transformar as metas em planos de ação

### 3. Quais os Facilitadores e Barreiras para a Economia Circular de ITR no Brasil?



## 3.1. Quais os Facilitadores e Barreiras para a Economia Circular de ITR no Brasil?

### TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA CIRCULAR NA INDÚSTRIA NACIONAL DE ITR



## 4. Economia Circular: foco no processo de reciclagem e no pós consumo

**EVETECA - Recuperação de ETRs para utilização na reciclagem do LABFABITR - Mineração Urbana**

### **Perguntas a serem respondidas:**

**Qual a quantidade recuperável de ITR pós-consumo no Brasil e os custos associados**

**Quais processos de recuperação para reciclagem de Imãs são viáveis, considerando aspectos relacionados a ESG**



# 4.1. Qual a quantidade estimada de ITR pós-consumo no Brasil?

Obtidos da literatura



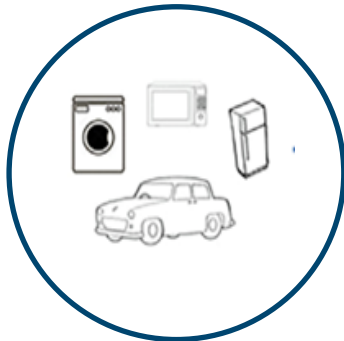
ITR maiores por unidade de produto entre 500 e 2000 kg.  
Ciclo de vida: 15 anos ou mais.



1 Turbina eólica acionamento direto tem aproximadamente 700 – 1200kg



De Nd-Fe-B por MW –  
Correspondente a 175-420 kg de neodímio por MW



ITR médios com 0,1 a 3 Kg por unidade de produto.  
Ciclo de vida: 8 a 15 anos.



1 Motor de carro elétricos de 55KW



Necessita de 0,65 kg de liga de (31% Nd - 4,5% Dy - 2% Co - 61,5% Fe - 1% B), o que representa 200g de neodímio (3,6g/kW) e 30g de disprósio (0,55g/kW) por motor.

Teor em peso de Dy pode chegar a (~ 8,5%).



ITR pequenos com 1 a 15 g por unidade de produto.  
Ciclo de vida: 1 a 6 anos.



Quantidade descartada no Brasil de HDD é de 5 mil ton/ano.



ITR em HD é 176 ton/ano



Nd (40,5 t/ano);  
Pr (4,7 t/ano);  
Dy (2,5 t/ano) e  
Tb (0,2 t/ano)

Fonte adaptado de: SILVA, J. T.; BARRETO, J. C. G.; DE OLIVEIRA, C. R. M.; DA SILVA, J. R. A. a Importância No Brasil Da Mineração Urbana De Terras Raras Nos Resíduos Eletroeletrônicos: Cenário Atual, Políticas, Extração E Perspectivas. Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão (ISSN: 2525-4782), v. 2, n. 2, p. 1–25, 2017.  
HABIB, K. A product classification approach to optimize circularity of critical resources – the case of NdFeB magnets. Journal of Cleaner Production, v. 230, p. 90–97, 2019.  
BINNEMANS, K.; JONES, P. T.; MUELLER, T.; YURRAMENDI, L. Rare Earths and the Balance Problem: How to Deal with Changing Markets? JOURNAL OF SUSTAINABLE METALLURGY, v. 4, n. 1, p. 126–146, 2018.

## 4.2. Quais processos de recuperação são viáveis, do ponto de vista ESG?

Obtidos da literatura - RSL

Viabilidade

Técnica

Reciclagem de resíduos magnéticos pré e pós consumo

Hidrometalurgia;  
Pirometalurgia;  
Decrepitação de Hidrogênio (HD);  
Lixiviação para extrair metais;  
Hidrogenação-Desproporção-Dessorção-Recombinação (HDDR);  
Extração por solvente;  
Eletrorrefino em fluoretos fundidos;  
Aerometalúrgico.

Emissões Co<sub>2</sub>;  
Pureza dos ETRs;  
Quantidade de ácidos;  
Quantidade de resíduos;  
Consumo de produtos químicos;  
Redução dos níveis de água/energia;  
Etapas do processo.

Propriedades mecânicas dos ímãs reciclados

Nível de prontidão tecnológica

Ambiental

Software CES Selector® — análise

Estimativa dos parâmetros ambientais:  
Emissões;  
Consumo de água/energia; e  
Produtos químicos.

Econômica

Demanda de produtos que contém ITRs: turbinas eólicas, equipamento de ressonância magnética e carros elétricos ,

Aumento do preço de venda e mercado

Entrevistas com fabricantes, importadores, distribuidores, recicladoras e comerciantes

Método Abordagem Multicritério à Decisão – ADM.

Comparação dos processos de reciclagem

Indicador da viabilidade, técnica, econômica e ambiental de recuperação de ímãs de Nd-Fe-B pós-consumo

# Próxima Fase: Implementar e operacionalizar os Modelos e Ferramentas de Gestão da Sustentabilidade no LABFAB ITR e na cadeia de ETR no Brasil

**Análise de maturidade da sustentabilidade**

**Transferência de conhecimento**

**Elaboração de Manuais de Procedimentos para a gestão ESG**

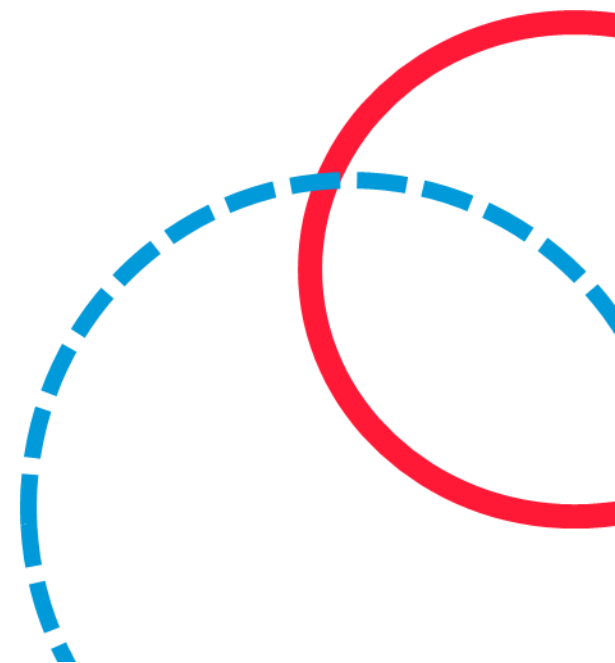
**Treinamento de Pessoal**

**Implementação das práticas ESG no LabFab**

**Acompanhamento e análise de resultados**



**UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA**



# QUEM SOMOS



## Professores:

**Dr. Orestes Alarcon**

✉ orestestevam@gmail.com

**Dr. Lucila Campos**

✉ lucila.scampos@gmail.com



## Doutorandos:

**Msc. Mariele Bonfante**

✉ marielebonfante@gmail.com

**Msc. Franciele Rossetti**

✉ franciele.ros7@gmail.com



## Mestrandos:

**Eng. Jéssica Prats**

✉ pratsjessica@gmail.com

**Msc. Suelen Fernandes**

✉ suelenfernandeseqn@gmail.com

