

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE
VIDRO POR MEIO DA RECICLAGEM
DE ESCÓRIA DE ACIARIA, ESCÓRIA
DE ALTO FORNO E RESÍDUO DE
AREIA DE FUNDIÇÃO**

APRESENTAÇÃO DE PRODUTO
2023

ALINE CECILIO

ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO DE OLIVEIRA MAGNAGO
COORIENTADORA: PROF.^a DR.^a LUCIANA GHUSSN



- **Gerenciamento de resíduos sólidos** - Preocupação especial em relação aos resíduos industriais.
- **Escória de aciaria e alto forno** - Disponibilidade tecnológica para reaproveitamento e coprocessamento (alto volume de geração).
- **Resíduo de areia de fundição** - Falta de tecnologia financeiramente adequada para reaproveitamento ou coprocessamento.



Objetivo Geral

Obtenção de vidro com características compatíveis à lã de vidro, por meio da reciclagem de escória de aciaria, escória de alto forno e resíduo de areia de fundição



Justificativa

Transformação de três passivos ambientais da região do Vale do Paraíba em um material de relevante interesse à construção civil, fomentando a Economia Circular.

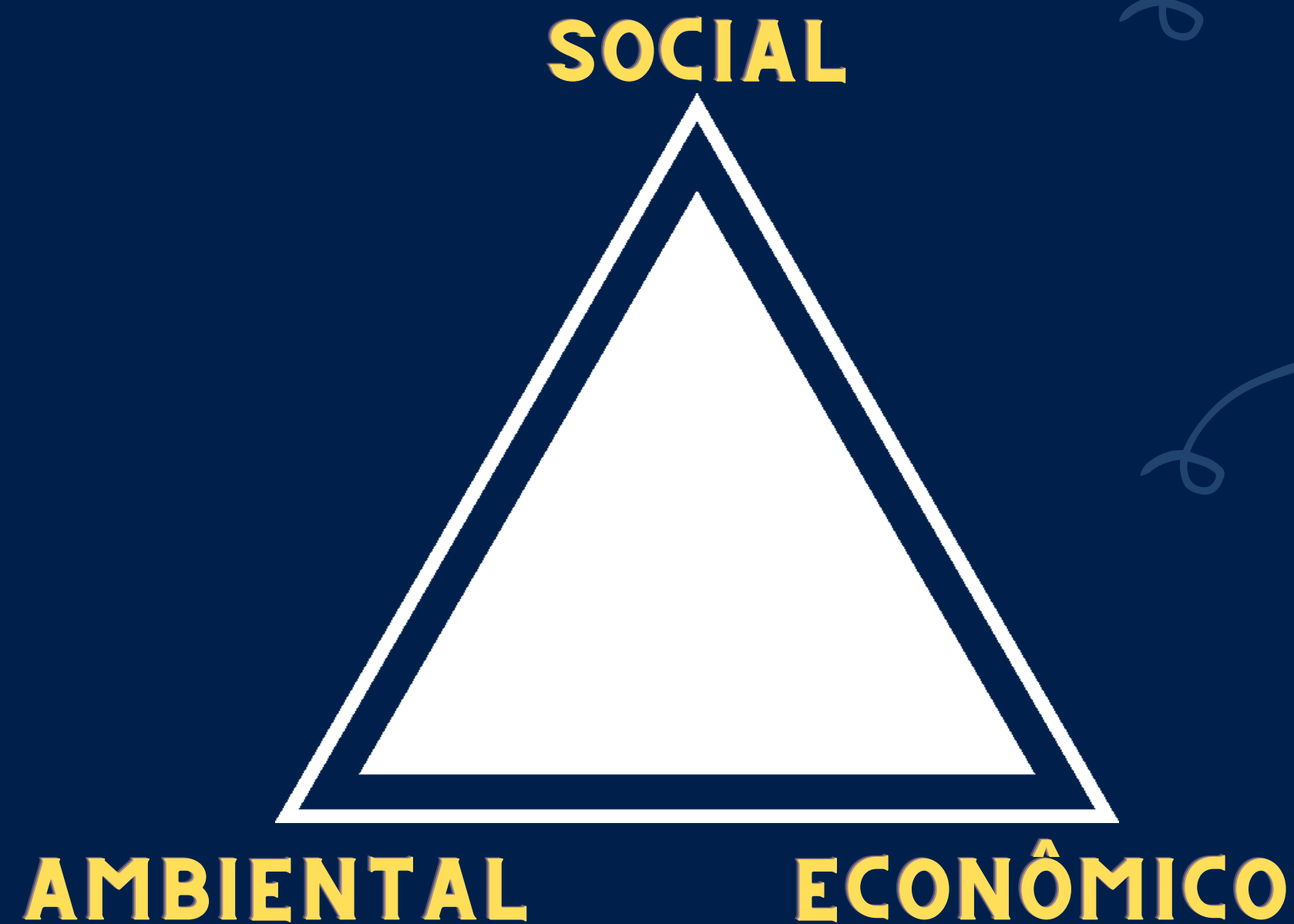


Objetivos Específicos

- Composição química (FRX)
- Verificação do estado amorfo (DRX)
- Comportamento endotérmico e exotérmico (TGA/DSC).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Economia Circular



Conceito

Inspira-se nos mecanismos dos ecossistemas naturais (processo contínuo de reabsorção e reciclagem).

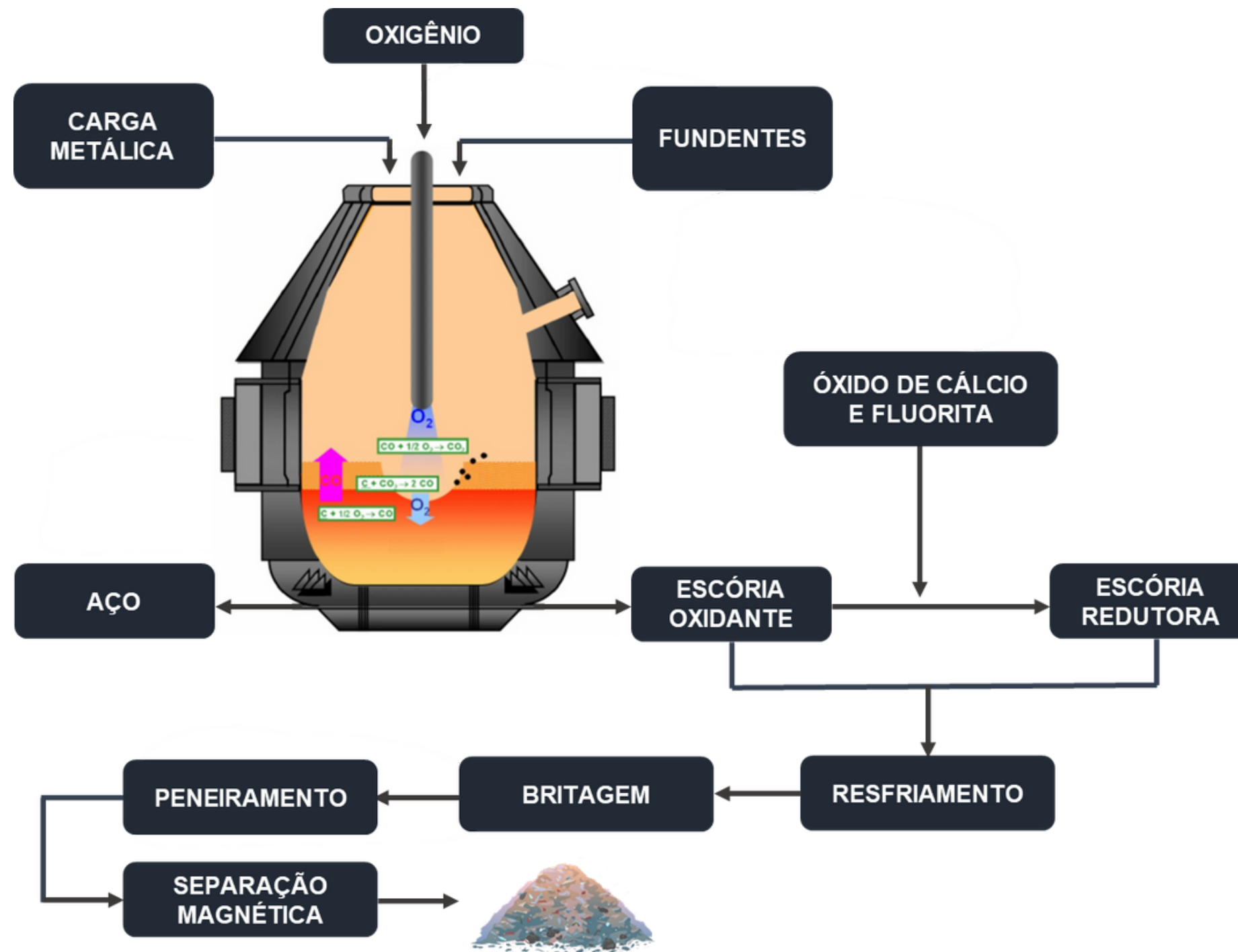
Desafios

- Baixa adesão e funcionamento inadequado da coleta seletiva.
- Segregação posterior de resíduos.
- Pouca aceitação de produtos reciclados.
- Falta de investimentos e incentivos fiscais

*simbiose
industrial*

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Resíduos Industriais - Escória de Aciaria (LD)



Fonte: Autor (2023)

Geração

- Etapa essencial do processo de refino primário do aço.
- Corresponde a 10 a 15% da produção total de aço (USGS, 2020).

Propriedades

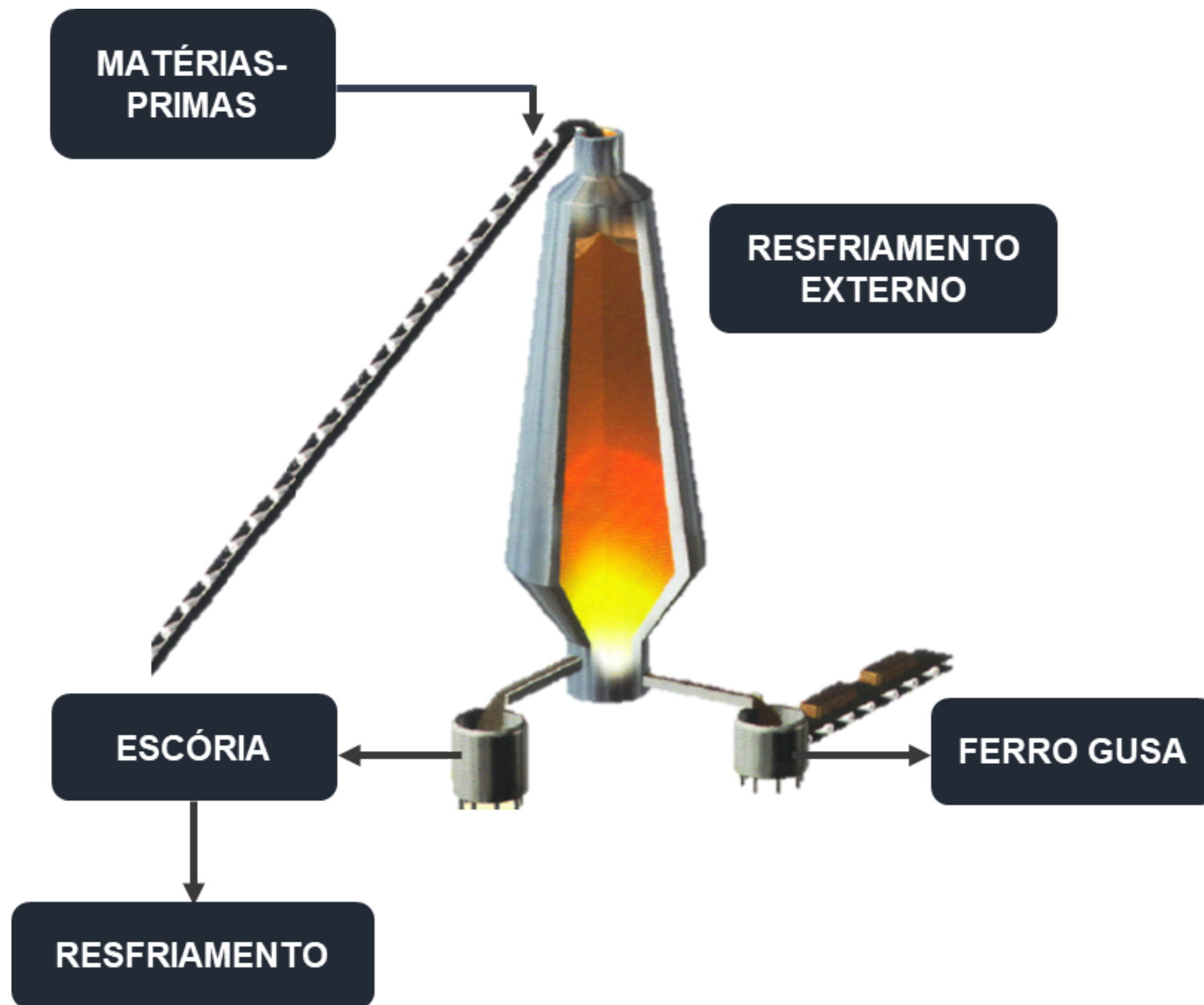
- Composição química, mineralogia e características físicas bastante variadas.
- Instabilidade volumétrica.

Aplicações

- Engenharia rodoviária.
- Argamassa - Redução da vida útil.
- Geopolímeros, tijolos, correções agrícolas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Resíduos Industriais - Escória de Alto Forno



Fonte: Autor (2023)

Geração

- Etapa essencial do processo de fabricação de ferro gusa.
- Corresponde a 20% da produção total de ferro gusa (FHART, 2016).

Propriedades

- Composição química, mineralogia e características físicas bastante variadas.

Aplicações

- Terraplanagem, lastro rodoviário e obras rodoviárias.
- Fertilizantes e fabricação de tijolos.

TIPO DE MOLDES

Areia Verde - Areia de sílica, bentonita, pó de carvão, amido de milho e água.

Alcalino Fenólica - Resina fenólica uretânica.

Furânica - Resina furânica.

Shell Molding - Areia, resina e catalisador (processo de vibração).

Silicato de Sódio - Areia e silicato de sódio (processo de vibração e adição de gás carbônico).

Geração

- Um dos resíduos sólidos mais produzidos no Brasil, correspondendo a 22% da produção das fundições brasileiras - 456.097 toneladas em 2020 (ABIFA, 2020).

Propriedades

- Composição química e características físicas bastante variadas.

Aplicações

- Argamassa e concreto a base de cimento Portland.
- Misturas asfálticas.
- Geopolímeros.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lãs Minerais - Lã de Vidro



Matérias-Primas - Vidro borossilicato, areia, barrilha, calcário, feldspato e aditivos.

Fusão - 1400 a 1500°C.

Fibragem - Disco giratório e resfriamento brusco.

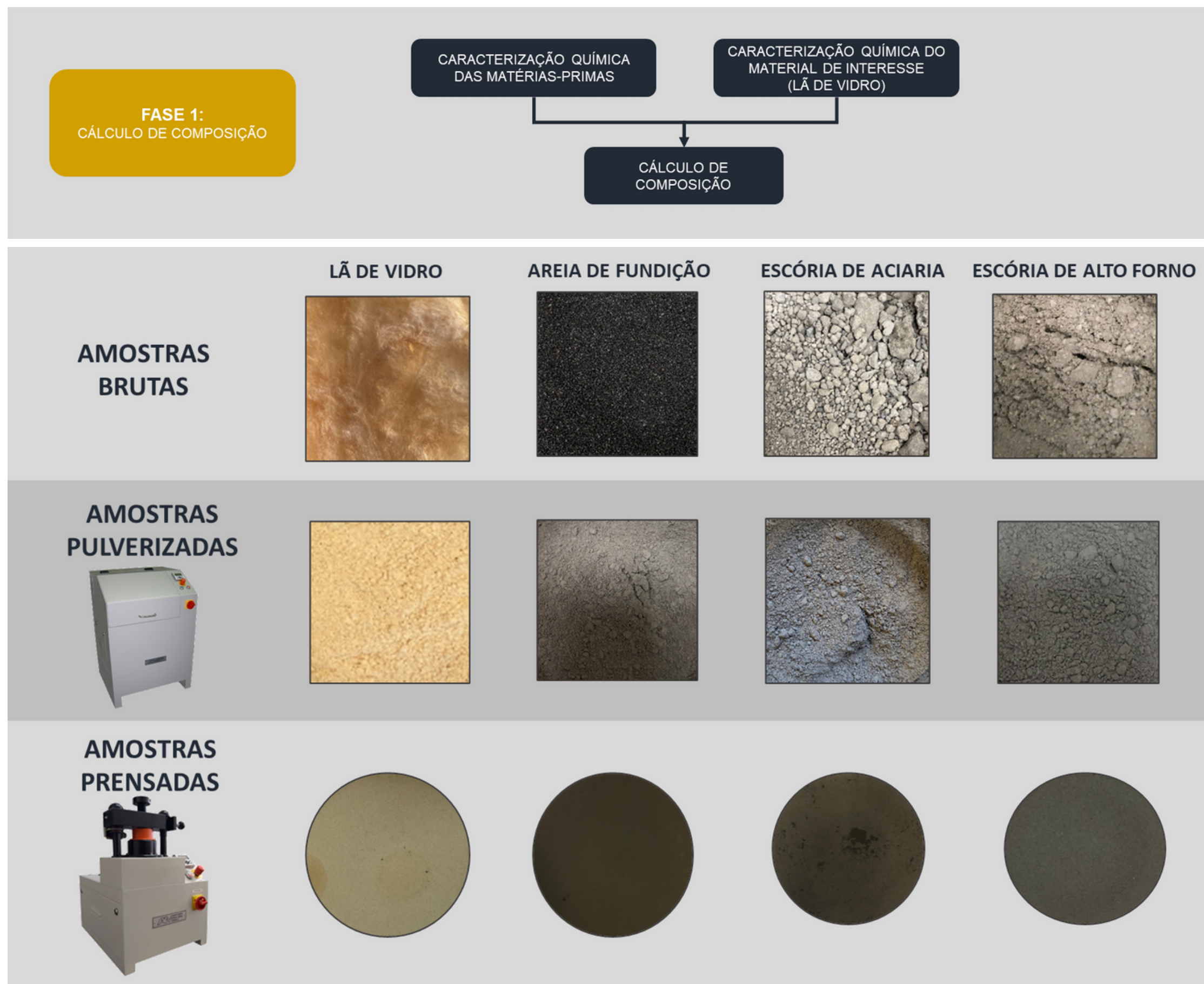
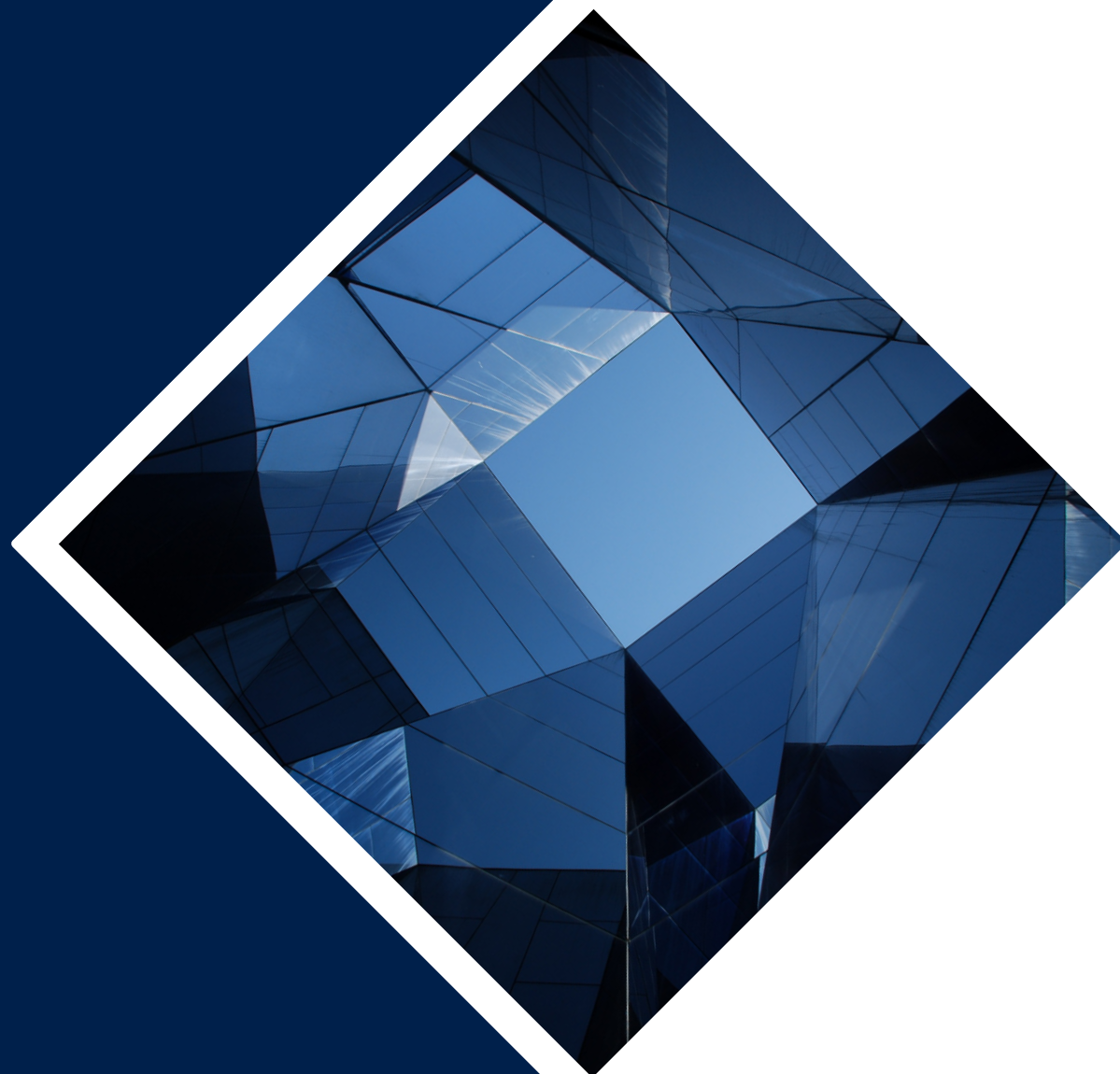
Processos Finais - Adição de ligante por *Melt Spinning* e cura a quente.

Composição Química

- Alto teor de sílica - 61,3% e óxido de sódio - 16,3% (YLINIEMI et. al., 2019).

Aplicações

- Isolamento térmico e acústico.
- Absorção acústica (gravadoras).
- Não propagam chamas.
- Imputrescíveis.
- Não são atacadas por insetos e roedores.
- Fácil instalação e de baixa perda.
- Grande importância comercial.



MATERIAIS E MÉTODOS

Fase I - Cálculo de Composição

Caracterização Inicial

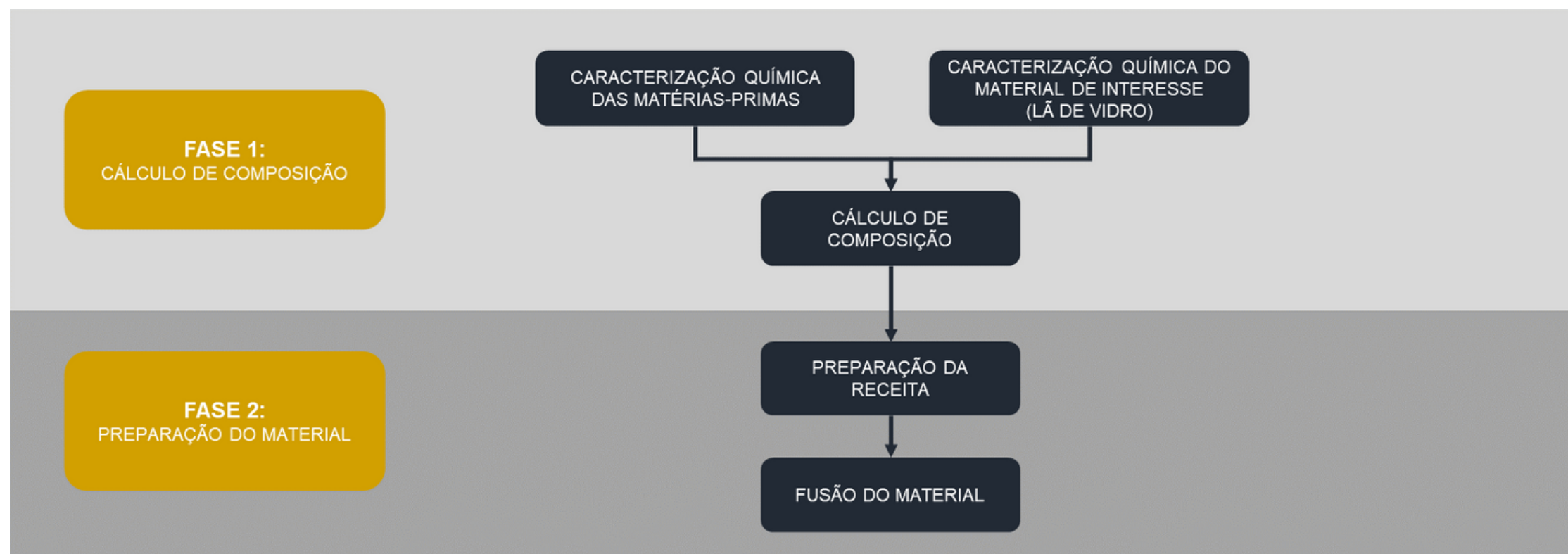
Composição Química (%)	Lã de Vidro	Escória de Aciaria	Escória de Alto Forno	Resíduo de Areia de Fundição
SiO ₂	63,6	29,3	35,1	91,7
Fe ₂ O ₃	0,3	21,0	0,8	5,2
CaO	10,3	36,2	32,8	0,2
Al ₂ O ₃	2,4	3,15	16,7	1,1
MgO	1,5	5,6	7,8	0,0
TiO ₂	0,1	0,4	0,5	0,0
Na ₂ O	17,7	0,0	2,5	0,0
K ₂ O	0,9	0,1	3,2	0,0
MnO	0,5	2,3	0,2	0,1
SO ₃	2,3	0,9	0,3	1,5
Cl	0,0	0,0	0,0	0,1
P ₂ O ₅	0,0	0,6	0,0	0,0
Cr ₂ O ₃	0,0	0,1	0,0	0,0



Composição em Massa

Componente	Quantidade Adicionada (g)
Escória de Aciaria	100
Escória de Alto Forno	100
Resíduo de Areia de Fundição	600
Dióxido de Silício	10
Óxido de Cálcio	30
Hidróxido de Sódio	160

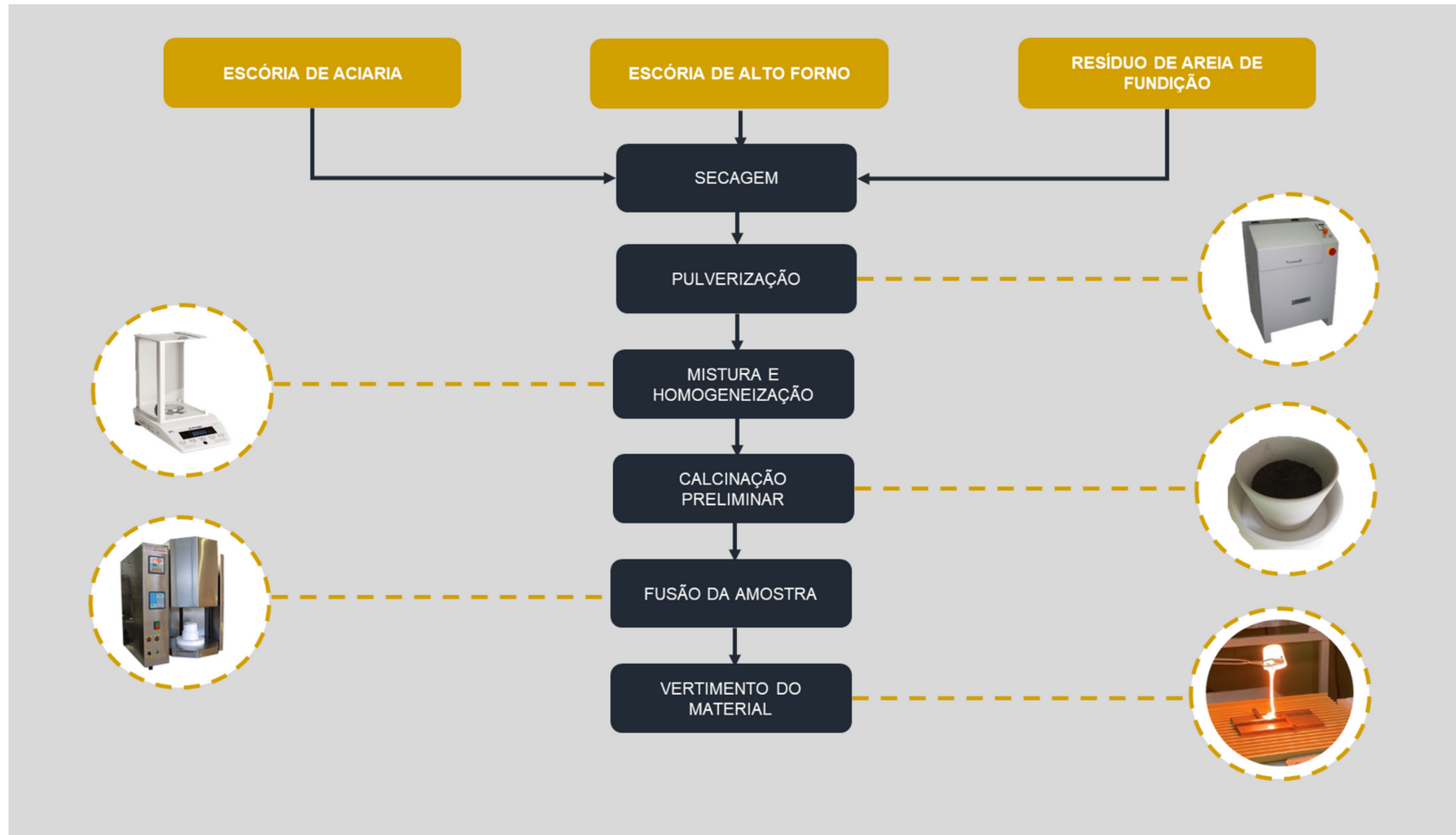
Fonte: Autor (2022)



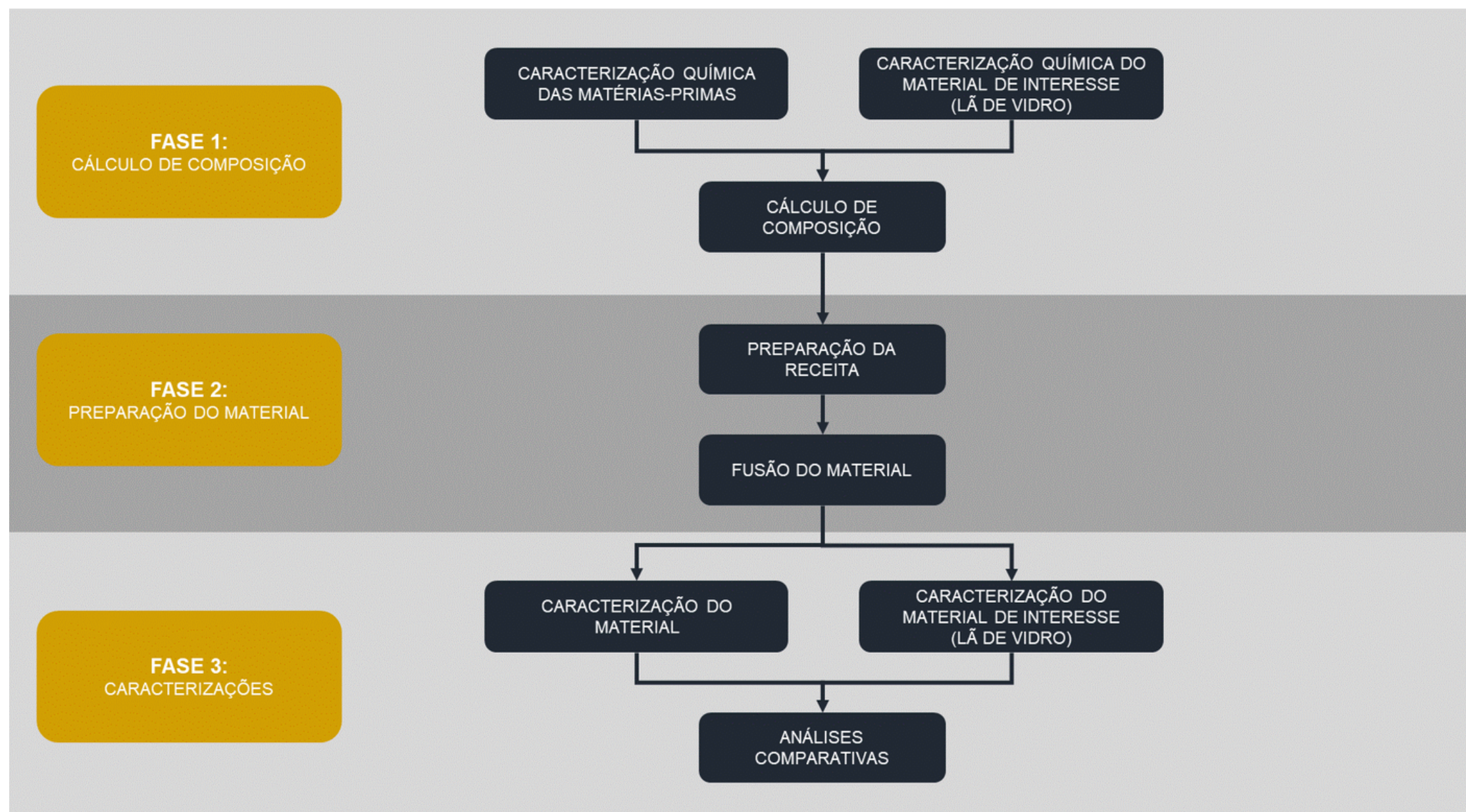
Fonte: Autor (2023)

MATERIAIS E MÉTODOS

Fase II - Preparação do Material



Fonte: Autor (2023)



Fonte: Autor (2023)

Fase III - Caracterizações

- Inspeção Visual
- Espectrometria pro Fluorescência de Raio X (FRX)
- Difractometria de Raio X (DRX) - Varredura de 10 a 90 graus, passo de 0,02 graus e tempo de 2 segundos por passo.
- Análise Termogravimétrica (TGA) e Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) - Taxa de aquecimento 10 e 50°C/min até 900°C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inspeção Visual

Ocorrência de Bolhas



Fonte: Autor (2023)

- Alta viscosidade.
- Necessidade de avaliação dos parâmetros para fabricabilidade (adição de fundente ou aumento da temperatura de fusão).

Coloração e Formato

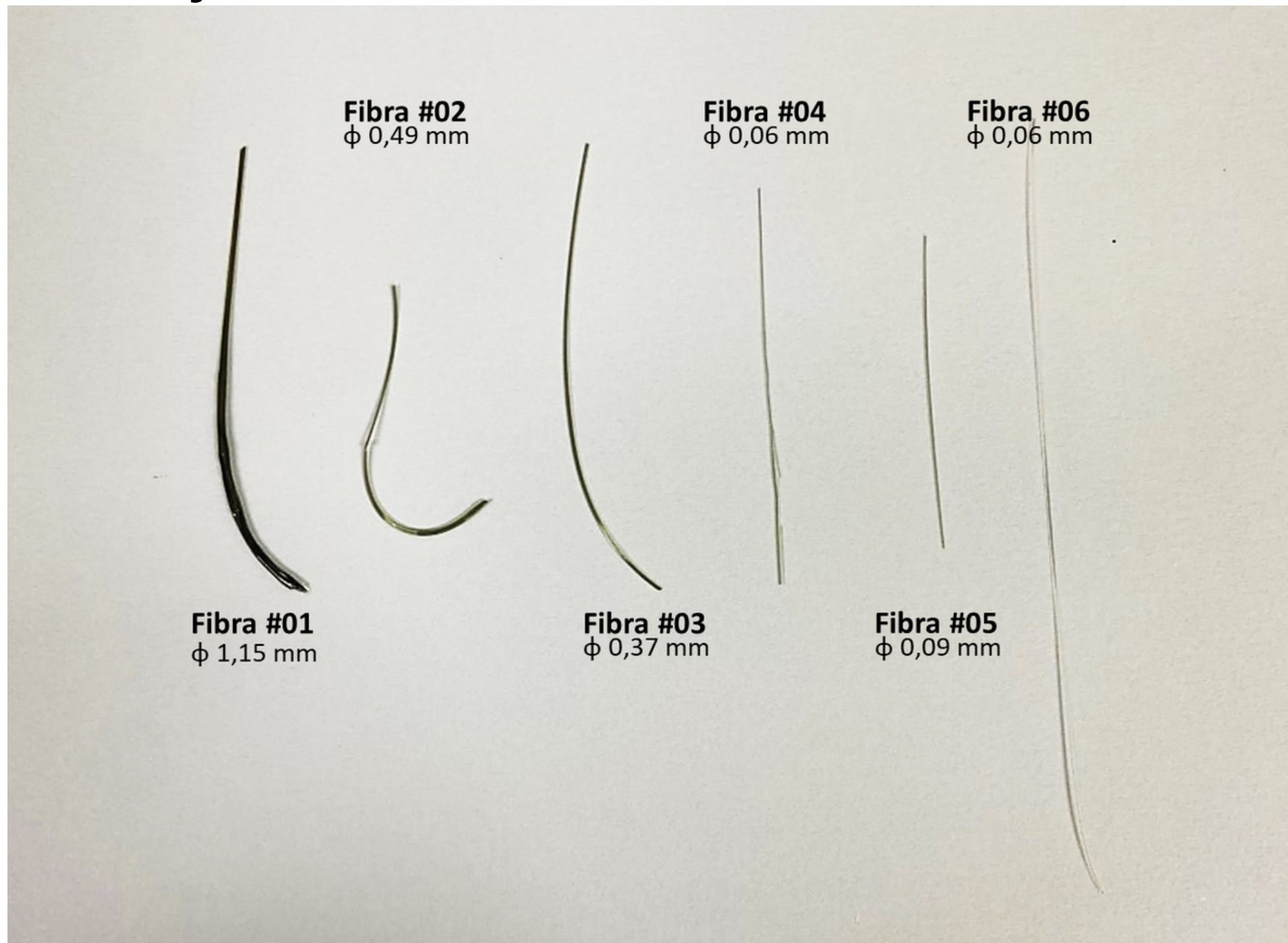


- Coloração verde em tonalidade escura (presença de presença de Fe_2O_3 dissolvido).
- Não representa restrição de uso (aglutinante colorido).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inspeção Visual

Formação de Fibras



- Recomendação da ABNT NBR 11360 - O diâmetro médio da fibra não deve exceder 0,006 mm.
- Boa capacidade de desenvolvimento de filamentos.
- Formação de fibras sem aplicação de metodologia de fibragem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espectrometria por Fluorescência de Raio X (FRX)

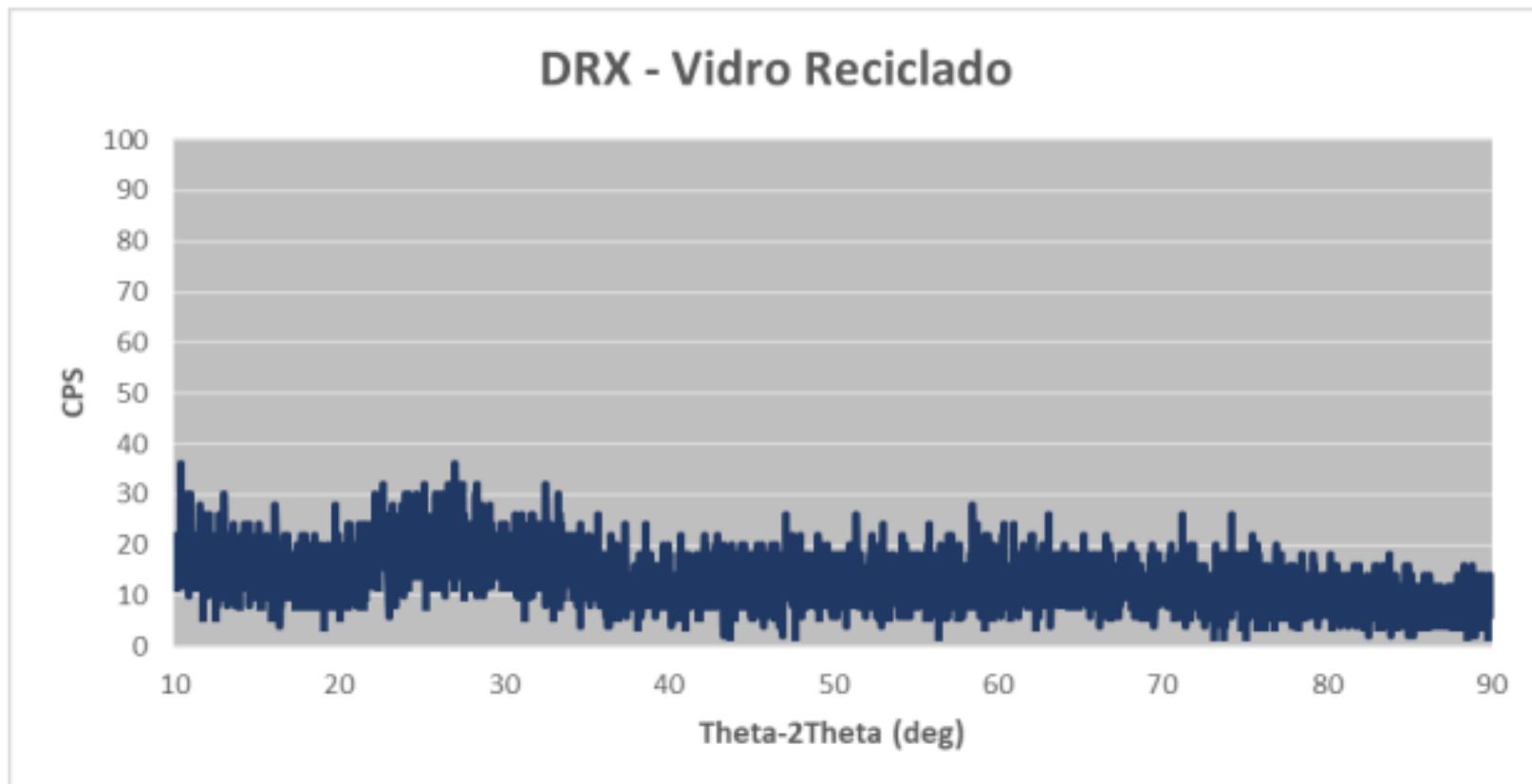
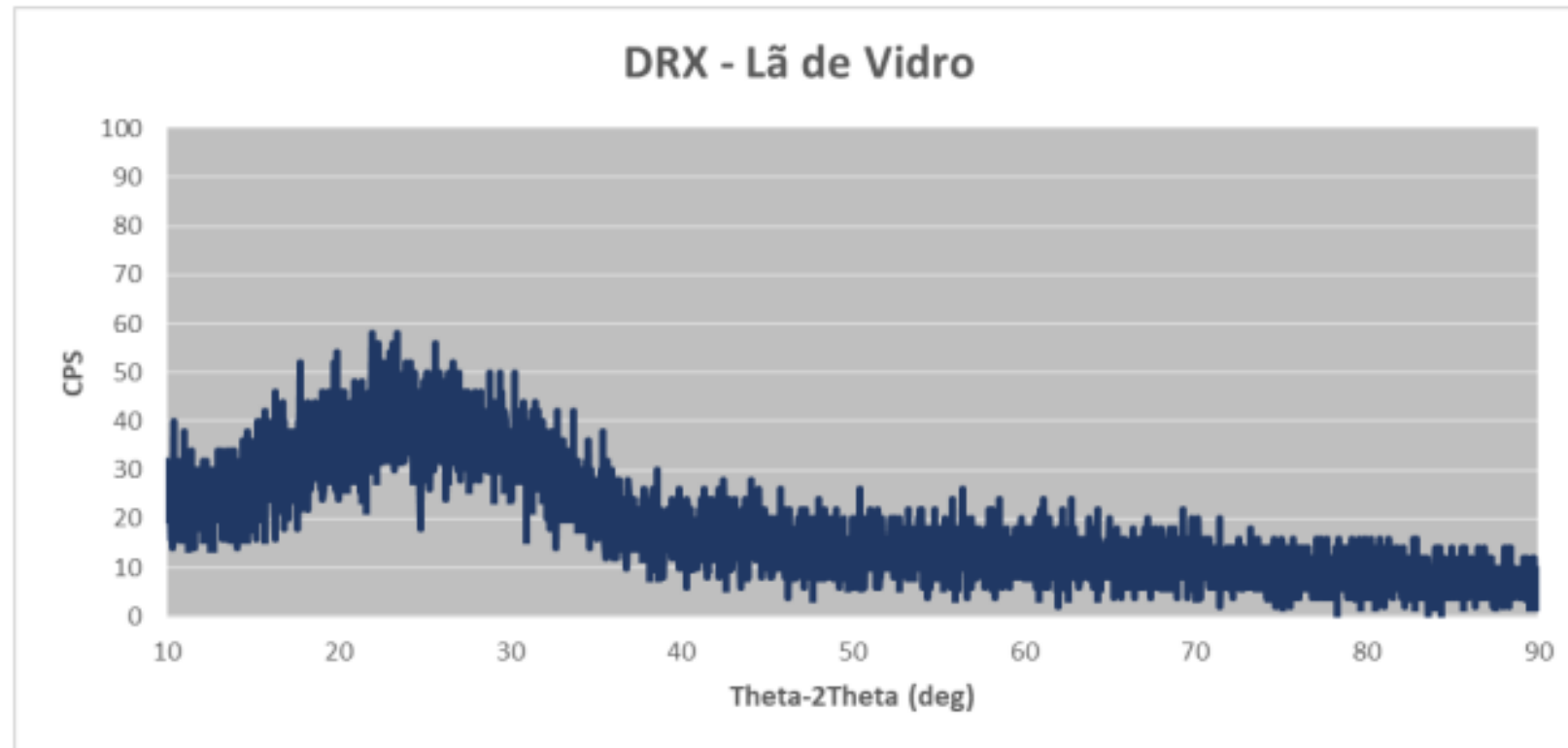
Espécie Química	Lã de Vidro	Composição Teórica	Composição Real
SiO ₂	63,6%	62,5%	61,5%
Fe ₂ O ₃	0,3%	5,3%	7,6%
CaO	10,3%	9,9%	10,5%
Al ₂ O ₃	2,4%	2,6%	5,8%
MgO	1,5%	1,3%	2,3%
TiO ₂	0,1%	0,1%	0,2%
Na ₂ O	17,7%	16,2%	10,3%
K ₂ O	0,9%	0,3%	0,5%
MnO	0,5%	0,3%	0,4%
SO ₃	2,3%	1,0%	0,1%
Cl	0,0%	0,0%	0,0%
P ₂ O ₅	0,0%	0,1%	0,3%
Cr ₂ O ₃	0,0%	0,0%	0,0%
ZrO ₂	0,0%	0,0%	0,4%



- Grande proximidade do material obtido em relação à composição teórica.
- Fe₂O₃ - Concentração superior ao material de interesse em virtude da utilização de escória de aciaria.
- Al₂O₃ - Concentração superior ao cálculo teórico - Possível contaminação do cadinho (zircônia, alumina e sílica) confirmada pela ocorrência de ZrO₂.
- Na₂O - Concentração inferior ao cálculo teórico (possível volatilização do sódio). Possibilidade de maior adição para favorecer a trabalhabilidade do material.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

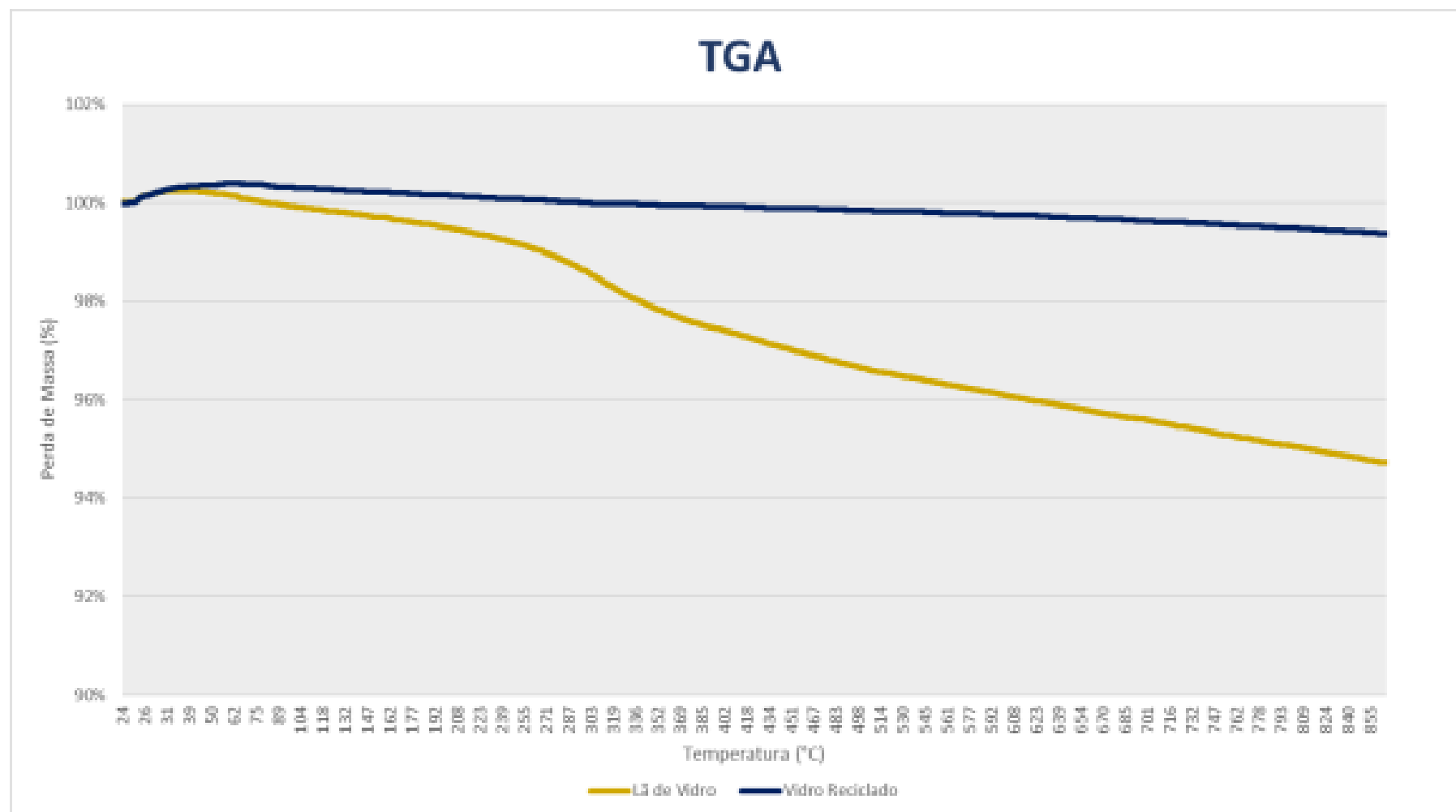
Difratometria de Raio X (DRX)



- Os espectros não acusam picos marcantes, associados à presença de fases cristalinas.
- As amostras possuem caráter amorfo, formado apenas por um pico de baixa intensidade.
- Processo de resfriamento eficiente para a formação do vidro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Térmica Simultânea (TGA/DSC)

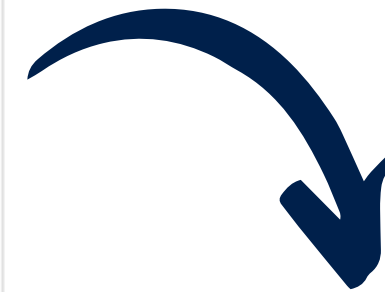
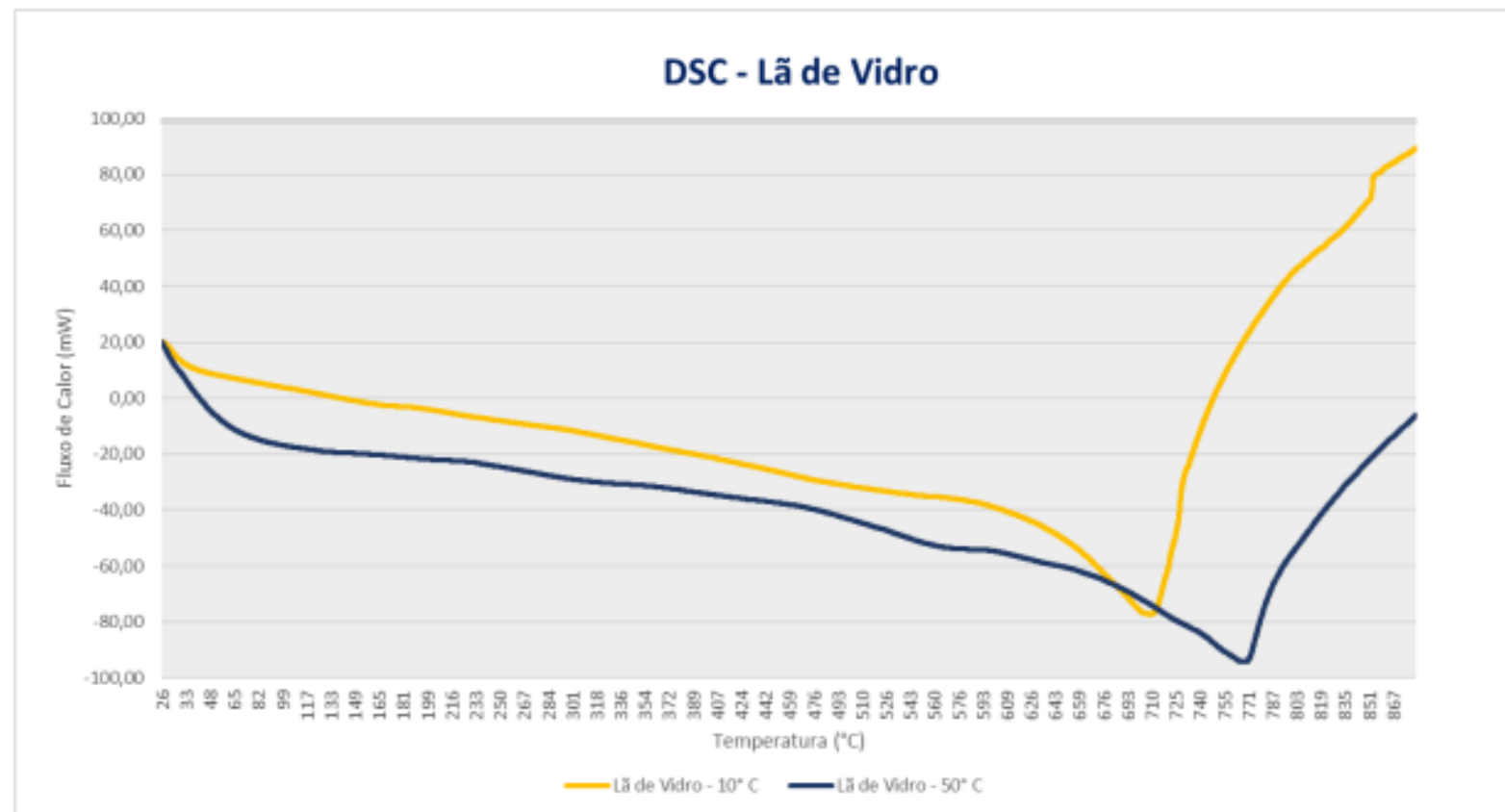


Fonte: Autor (2022)

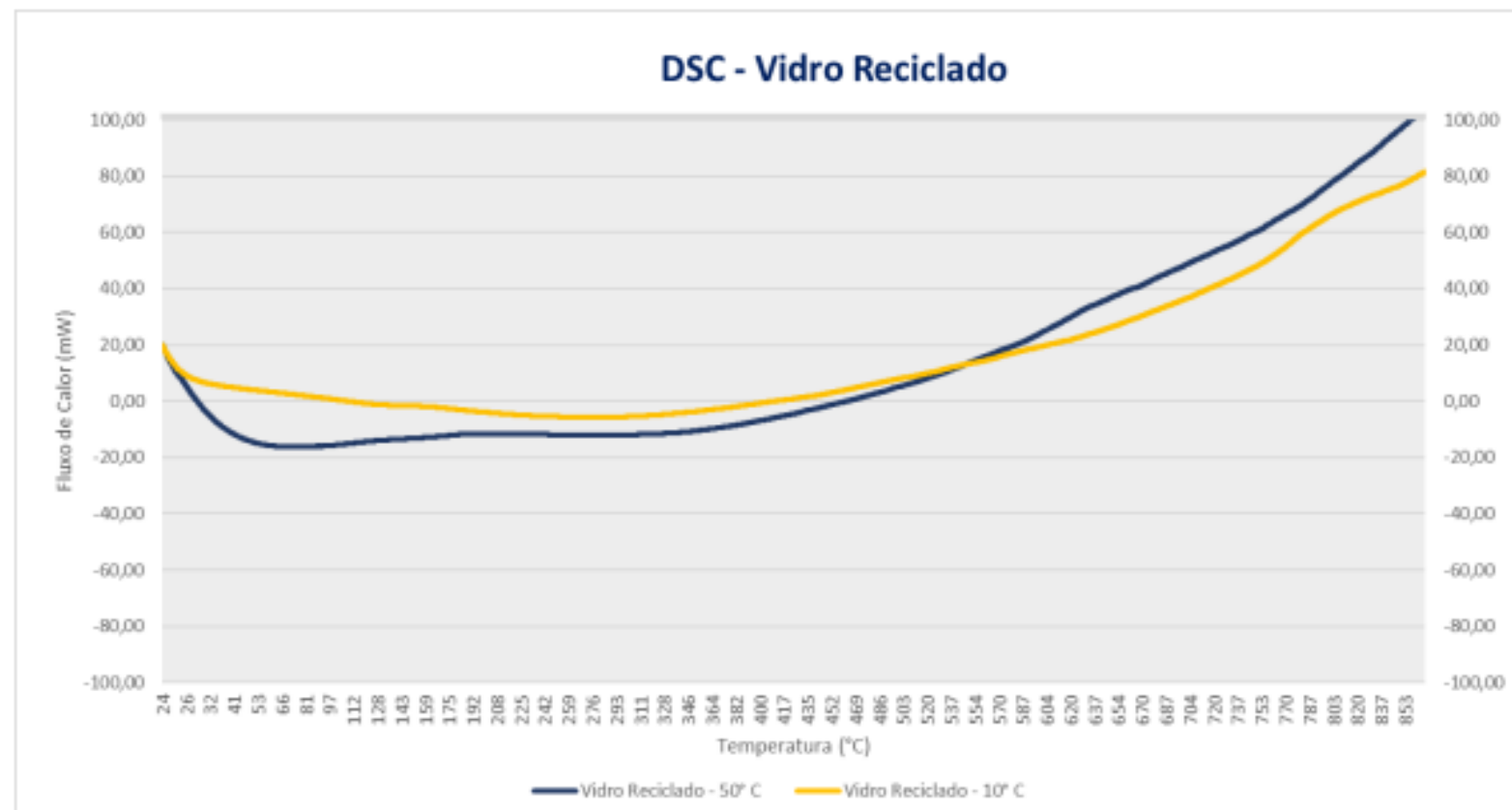
- Ocorrência de pouca perda de massa, coerente com o comportamento esperado para os vidros (grande estabilidade na faixa de temperatura analisada).
- Material Desenvolvido - 1% de perda de massa.
- Material de Interesse - 5% de perda de massa (possível impacto do revestimento de resina).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Térmica Simultânea (TGA/DSC)



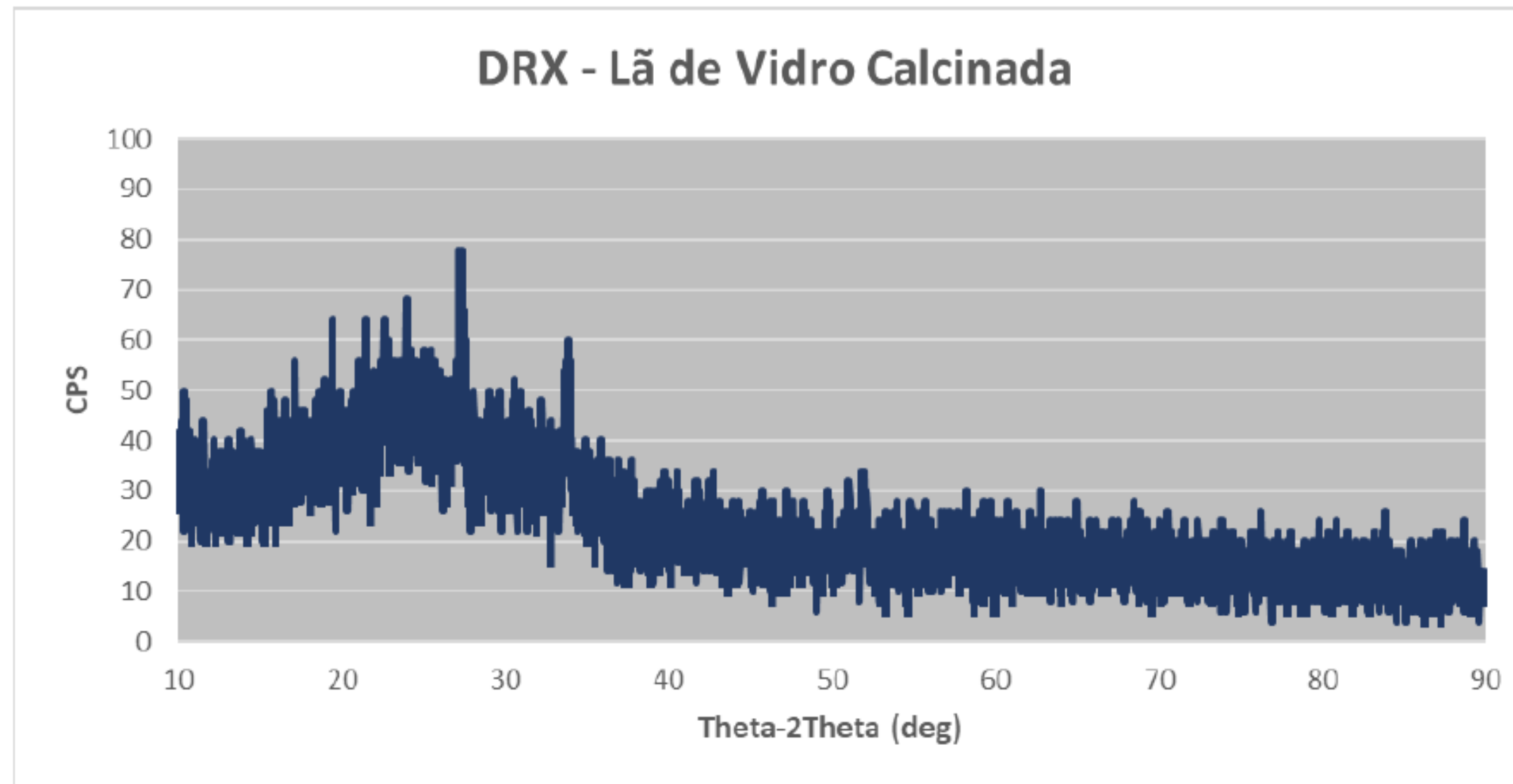
- Material Desenvolvido - Não há ocorrência de picos (transição vítrea, cristalização ou fenômeno relevante).
- Material de Interesse - Ocorrência de um pico a 710°C (no caso da aplicação de taxa de 10 °C/min) e 770 °C (no caso da aplicação de taxa de 50 °C/min) - Possível processo de recristalização ou sinterização.
- Queima de uma amostra em mufla a 800°C e, após o seu resfriamento, avaliação do material por Difractometria de Raio X (DRX).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Térmica Simultânea (TGA/DSC)

- Queima de uma amostra em mufla a 800°C e, após o seu resfriamento, avaliação do material por Difractometria de Raio X (DRX) - Confirmação do processo de recristalização.



Fonte: Autor (2023)

CONCLUSÕES

- Composição química similar ao material de interesse - Possível volatilização resultou na redução do teor de Na_2O , indicando possibilidade de ajuste na receita para maximizar a trabalhabilidade do material.
- O material possui características amorfas, conforme esperado.
- A inexistência de picos cristalinos indica resfriamento eficiente.
- O material apresentou pouca perda de massa (TGA).
- A Calorimetria Diferencial por Varredura (DSC) não aponta a ocorrência de transição vítrea, cristalização ou fenômenos relevantes.



TRABALHOS FUTUROS

- Desenvolvimento de novas formulações para ajustar o comportamento reológico do material.
- Desenvolvimento de metodologia de fibragem para formação da lã mineral.
- Caracterização termo-acústica da lã mineral.



OBRIKADA PELA ATENÇÃO!

ALINE MIRANDA CECILIO