



**abcp**

COPROCESSAMENTO

# ***Preparação de amostra de combustíveis derivados de resíduos (CDR)***

Imagem de fundo:  
**Pulverização 6mm**





# **SUMÁRIO**

- 1. INTRODUÇÃO > 4**
- 2. NORMAS E DOCUMENTOS  
COMPLEMENTARES > 5**
- 3. DEFINIÇÕES > 6**
- 4. PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS > 8**
- 5. MATERIAIS PARA ENSAIO > 10**
- 6. PROCEDIMENTO > 13**
- 7. RESULTADOS ESPERADOS > 18**
- 8. ANEXO 1 - FLUXOGRAMA DA AMOSTRAGEM  
E PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS > 19**
- 9. ANEXO 2 - MASSAS MÍNIMAS  
POR ENSAIOS > 20**
- 10. ANEXO 3 - FLUXOGRAMA CÁLCULO  
DE MASSAS E VOLUMES EM CADA ETAPA DA  
PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS > 22**
- 11. ANEXO 4 - ETAPAS DO PROCESSO  
DE PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS > 23**

# 1. INTRODUÇÃO



O objetivo deste procedimento é especificar a correta sequência de preparação de amostras a serem aplicadas para:

- Uma amostra composta, a fim de produzir uma amostra laboratorial;
- Amostra de laboratório, a fim de obter porções adequadas para testes;
- Garantir a representatividade das porções de teste para análises físicas, químicas ou ambas;
- A metodologia especificada neste documento pode ser usada para preparação de amostras para testes de determinação de densidade, conteúdo de biomassa, umidade, cinzas, poder calorífico, conteúdo de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N), enxofre (S), cloro (Cl), flúor (F),

bromo (Br), matéria volátil, elementos principais (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Si, Ti), oligoelementos (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, V e Zn).

## 1.2 Aplicação

Este padrão aplica-se às áreas de controle de qualidade, produção e coprocessamento na indústria cimenteira e operador responsável pelo preparo (Blendeira).

## 2. NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

### **ISO 21646:2022**

Solid recovered fuels -  
sample preparation

### **UNE-EN-ISO 21645:2022**

Combustibles sólidos recuperados  
- Métodos de muestreo  
(ISO 21645:2021).

## 3. DEFINIÇÕES

### 3.1. Amostra de campo

Quantidade de material, representativa, de uma quantidade maior, para a qual se deseja determinar a qualidade.

### 3.2. Amostra de laboratório

Amostra composta recebida pelo laboratório onde se realizarão os procedimentos de preparação de amostra para as análises.

### 3.3. Amostra duplicada

Duas amostras coletadas em condições comparáveis.

### 3.4. Amostra representativa

É uma parte selecionada de uma população maior que possui características semelhantes à população como um todo.

### 3.5. Amostragem

Processo de extração ou constituição de uma amostra.

### 3.6. Especificação de combustíveis derivados de resíduos (CDR)/ Blend de resíduos sólidos

Lista de propriedades que

caracterizam os CDR, que são acordados previamente entre produtor e consumidor final do combustível.

### 3.7. Heterogeneidade

Grau em que uma propriedade ou um tipo de partícula de um Combustível derivados de Resíduo não se distribui uniformemente ao longo de uma quantidade de material.

### 3.8. Homogeneidade

Grau em que uma propriedade ou um tipo de partícula de um CDR se distribui uniformemente ao longo de uma quantidade de material.

### 3.9. Incremento

Porção do Combustível derivados de Resíduo, extraído de um lote, ou sublote, em uma única operação do dispositivo de amostragem.

### 3.10. Lote

Quantidade definida de combustível, para o qual se deseja determinar a qualidade.

### 3.11. Lote estático

Não está em movimento, durante a amostragem ou transportado por uma correia transportadora ou sistema de transporte alternativo.

### **3.12. Massa de amostra composta**

Quantidade de amostra coletada de um lote ou um sublote que consta em todos os incrementos.

### **3.13. Massa mínima da amostra**

Massa ou dimensão mínima da amostra, requerida durante o procedimento de amostragem e a preparação de amostras, do ponto de vista da preservação de sua representatividade.

### **3.14. Massa mínima do incremento**

Dimensão ou massa do incremento, que se coleta de um lote em uma única operação do dispositivo de amostragem, do ponto de vista da preservação da representatividade.

### **3.15. Operador responsável pelo preparo**

Organização ou unidade responsável pela produção do blend de resíduos sólidos.

### **3.16. Porção de teste**

Subamostra de uma amostra de

laboratório ou amostra geral de análises consistindo na quantidade de material requerido.

### **3.17. Preparação da amostra**

Ações tomadas para obter amostras de laboratório, ou porções de ensaio, representativas da amostra original que foi recebida.

### **3.18. Redução do tamanho de partícula**

Redução do tamanho nominal superior de uma amostra ou porção de teste.

### **3.19. Secagem**

Processo de remoção de água da amostra.

### **3.20. Tamanho nominal mínimo $d^{05}$**

Menor tamanho de abertura da peneira usada para determinar a distribuição granulométrica de CDR, através da qual passa pelo menos 5% em massa do material.

### **3.21. Tamanho nominal superior $d^{95}$**

Menor tamanho de abertura da peneira usada para determinar a distribuição granulométrica de CDR, através da qual passa pelo menos 95% em massa do material.

## 4. PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS



### 4.1. Princípios da correta preparação de amostras

De acordo com o capítulo 6 da ISO 21646:2022, o principal objetivo da preparação da amostra

é reduzir a massa/tamanho das partículas de uma amostra para obter uma ou mais amostras de teste que são, em geral, menores que a amostra de laboratório. O princípio da preparação correta da amostra é que a composição da amostra composta coletada não muda durante cada etapa dos procedimentos de preparação da amostra. Quando a preparação correta da amostra é realizada, qualquer porção de teste é representativa da amostra de laboratório e cada partícula nessa amostra tem, então, uma probabilidade igual de ser incluída em qualquer porção de teste retida. Além disso, a perda de umidade e outros componentes voláteis é minimizada seguindo os procedimentos descritos neste documento. Da mesma forma, qualquer contaminação da amostra durante os processos de preparação da amostra é abordada e são tomadas medidas para evitar a contaminação.

Três métodos básicos são usados durante a preparação da amostra:

- Homogeneização;
- Divisão do volume de amostra (quarteamento);
- Redução do tamanho de partícula da amostra.

#### **4.2. Seleção de equipamentos**

Na seleção do tipo de técnicas de tratamento, deve-se levar em consideração que cada uma delas tem potencial impacto nos resultados analíticos, por introduzir contaminação ou alterar as propriedades físico-químicas da amostra. O capítulo 8 da ISO 21646:2022 apresenta as características que devem ser consideradas na seleção dos equipamentos, bem como os equipamentos adequados para cada etapa da preparação das amostras. Todo material que entrar em contato com a amostra deverá ser:

- Feito de materiais adequados;
- Quimicamente compatível com a amostra;
- Selecionados para minimizar a contaminação.

Uma boa limpeza deve ser garantida para evitar a contaminação cruzada das amostras.

## 5. MATERIAIS PARA ENSAIO



Para a preparação da amostra serão necessários os seguintes equipamentos:

- Vassoura;
- Pá;
- Lona para disposição dos incrementos coletados (não é imperativo);
- Saco de coleta com volume suficiente para armazenamento da amostra de laboratório;
- Etiqueta de identificação de amostras;
- Triturador de amostra;
- Moinho de faca (Pulverizador de amostra);

- Peneiras para pulverizador (6 mm, 4mm, 2mm, 1 mm, 0,25 mm)
- Estufa para secagem da amostra (40°C ou 105°C);
- Bandeja para acondicionamento das amostras para secagem;

### 5.1. Equipamentos para divisão de amostras - Pá

Embora haja uma série de equipamentos utilizados para a divisão das amostras, tais como pás, colheres, divisores de amostras rotativos, etc. A fim de padronização, será utilizado, para este fim, a pá.

Uma pá usada para amostragem manual deve ter:

a) dimensões e lâmina pelo menos três vezes maior que o tamanho nominal superior do material a ser processado; Por exemplo:  $d_{95} = 50$  mm a dimensão da pá deve ser, pelo menos, 150 mm.

b) uma lâmina plana com bordas elevadas o suficiente para evitar a perda de partículas

## 5.2. Equipamentos para redução do tamanho de partícula

### 5.2.1. Triturador

Primeira etapa da redução do

tamanho de amostra, reduz o tamanho de partícula para cerca de 10 a 30 mm.

### 5.2.2. Pulverizador (Moinho de facas)

São utilizados para redução de tamanho de partícula de AFR de cerca de 30 mm para 1 mm ou menos. O moinho deverá ser dotado de peneiras com vários tamanhos de abertura cobrindo esta faixa, incluindo uma peneira apropriada para controlar o tamanho nominal superior do material produzido. O tamanho da peneira a se utilizar vai depender do tipo de análise que se deseja realizar.

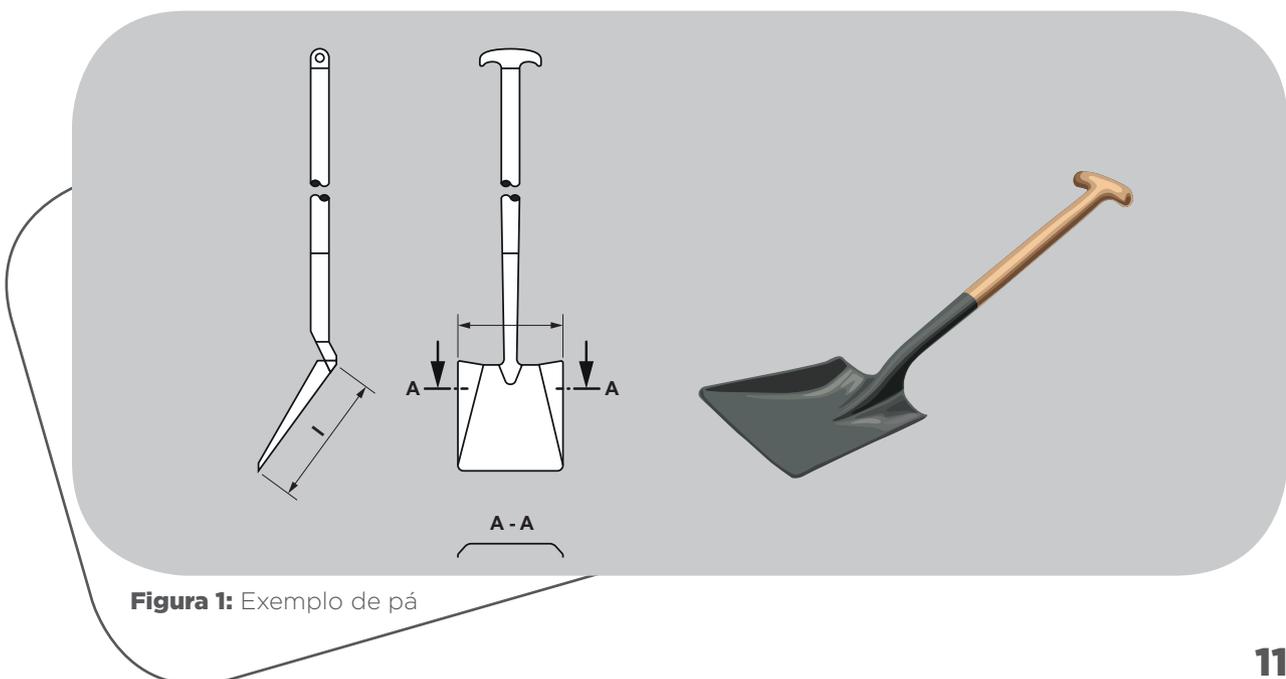


Figura 1: Exemplo de pá

## 5. MATERIAIS PARA ENSAIO

### Trituração



### 5.2.3. Peneiras

Para as análises em geral, deve ser utilizada uma peneira de malha de aço com abertura circular de 1,00 mm. Caso sejam necessárias subamostras de análise com tamanho nominal superior de 0,250 mm, deverá ser utilizada uma peneira com aberturas correspondentes a esse tamanho de partícula.

### 5.2.4. Balança

Deve ser utilizada uma balança capaz de determinar a massa das amostras e sub-amostras com uma precisão de 0,1% em massa.

### 5.3. Segurança / Meio ambiente

- Utilizar EPI's para a atividade: luva anti-corte e anti-perfuração, óculos de proteção, uniforme completo, calçado fechado, máscara.
- Seguir todos os procedimentos de segurança local.

### Pulverização



## 6. PROCEDIMENTO

### 6.1. Homogeneização

A etapa da homogeneização ocorrerá de acordo com o descrito no capítulo 10.2 da ISO 21646:2022, devendo seguir os seguintes passos:

- A amostra deve ser empilhada sobre uma superfície seca e livre de contaminação (limpar a área com a vassoura e dispor a lona);
- A amostra deve ser misturada, usando uma pá, para formar uma nova pilha, de modo que seja distribuída uniformemente e diferentes tamanhos de partículas fiquem bem misturados.
- Este processo deverá ser repetido três vezes, formando uma nova pilha a cada vez.

### 6.2. Divisão de Amostras – Quarteamento

A divisão das amostras, se dará por quarteamento, de acordo com o capítulo 10.3.8 da ISO 21646:2022.

- Dispor toda a amostra composta, homogeneizada, em uma superfície dura e limpa (preferencialmente recoberta com uma lona para evitar contaminações);
- Uniformizar a pilha inserindo a pá e espalhá-la para formar uma pilha plana que tenha uma espessura uniforme não maior que a lâmina da pá;

## 6. PROCEDIMENTO

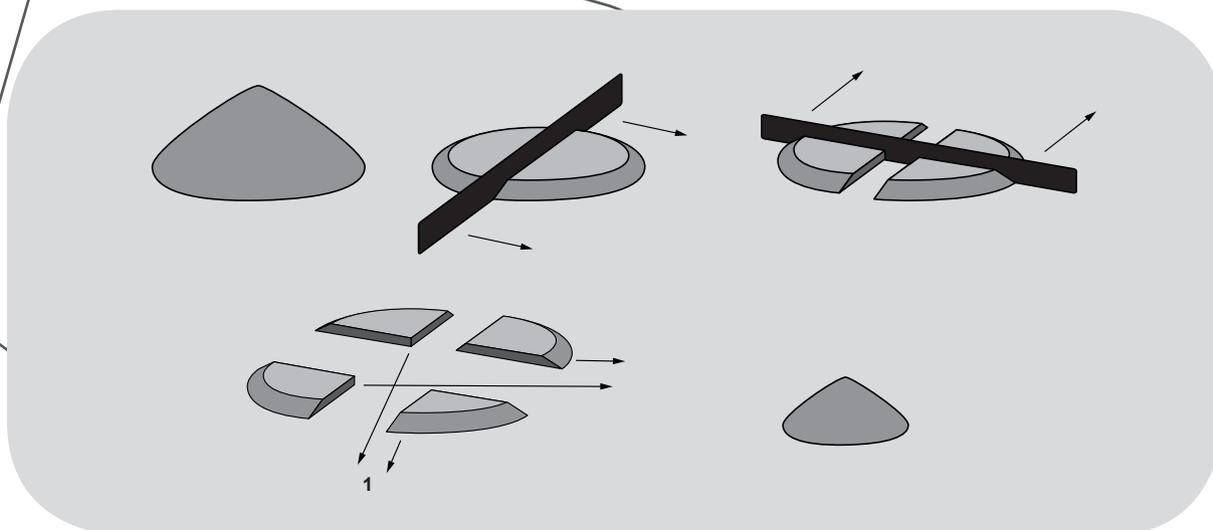
- Divida a pilha plana ao longo de duas diagonais em ângulo reto, inserindo a pá verticalmente na pilha.
- Descartar um das partes de uma diagonal;
- Repetir a homogeneização e o processo de quartejamento; até obter a massa de porção de teste requerida.

### 6.3. Redução do tamanho de partícula

A redução do tamanho das amostras, seguirá os passos do capítulo 11 da ISO 21646:2022. Detalhamento no Anexo 1 (fluxograma de amostragem).

- Se a massa de amostra de laboratório excede a massa mínima de amostra para os testes, a amostra de laboratório precisa ser dividida, conforme procedimento apresentado em 6.2;
- Se a dimensão das partículas for maior que a desejada, uma primeira etapa de redução de tamanho de partícula deve ser realizada.
- Toda a amostra coletada deve ser triturada, utilizando o triturador, para deixar a amostra uniforme e com dimensão entre 10 a 30 mm (pré trituração);

**Figura 2:** Quartejamento



### Redução volume de amostra/Bruta



- Após a trituração, realizar a secagem do material, em estufa a 105 °C. Se neste momento for determinar a umidade total do material, deve-se secar até massa constante;
  - Se a determinação de compostos voláteis for importante, Hg, por exemplo, a etapa de secagem deve ocorrer a temperatura inferior a 40 °C para evitar a volatilização. Separar uma amostra para determinação dos voláteis.
  - Se a umidade total não for realizada conjuntamente com a secagem, uma amostra pré-triturada deve ser segregada para teste de umidade;

◦ Se umidade total não for realizada conjuntamente, a etapa de secagem não necessita ser efetuada até obtenção de massa constante, sendo o tempo de pré-secagem apenas o necessário para remoção do excesso de água para a realização do processo de redução do tamanho de partícula. **Neste caso, secar a 105°C por 2 horas.**

- Após a pré-secagem, deixar a amostra em temperatura ambiente, no laboratório, para o resfriamento;
- Com a amostra seca e fria, pulverizar, primeiramente, com uma peneira de 6 mm e, posteriormente, com uma peneira de 1mm. Cuidar

### Redução volume de amostra/triturada



## 6. PROCEDIMENTO

**Redução volume  
de amostra/  
Pulverizada 6mm**



**Redução volume  
de amostra/  
Pulverizada 4mm**



deve ser inferior a 1 mm; Em relação a Umidade, o tamanho da partícula depende do método de análise, podendo variar de 1 mm até 100 mm.

para que toda a amostra seja pulverizada, não havendo perdas de massa;

◦ *O material retido na peneira de 1 mm deve ser incorporado à amostra pulverizada.*

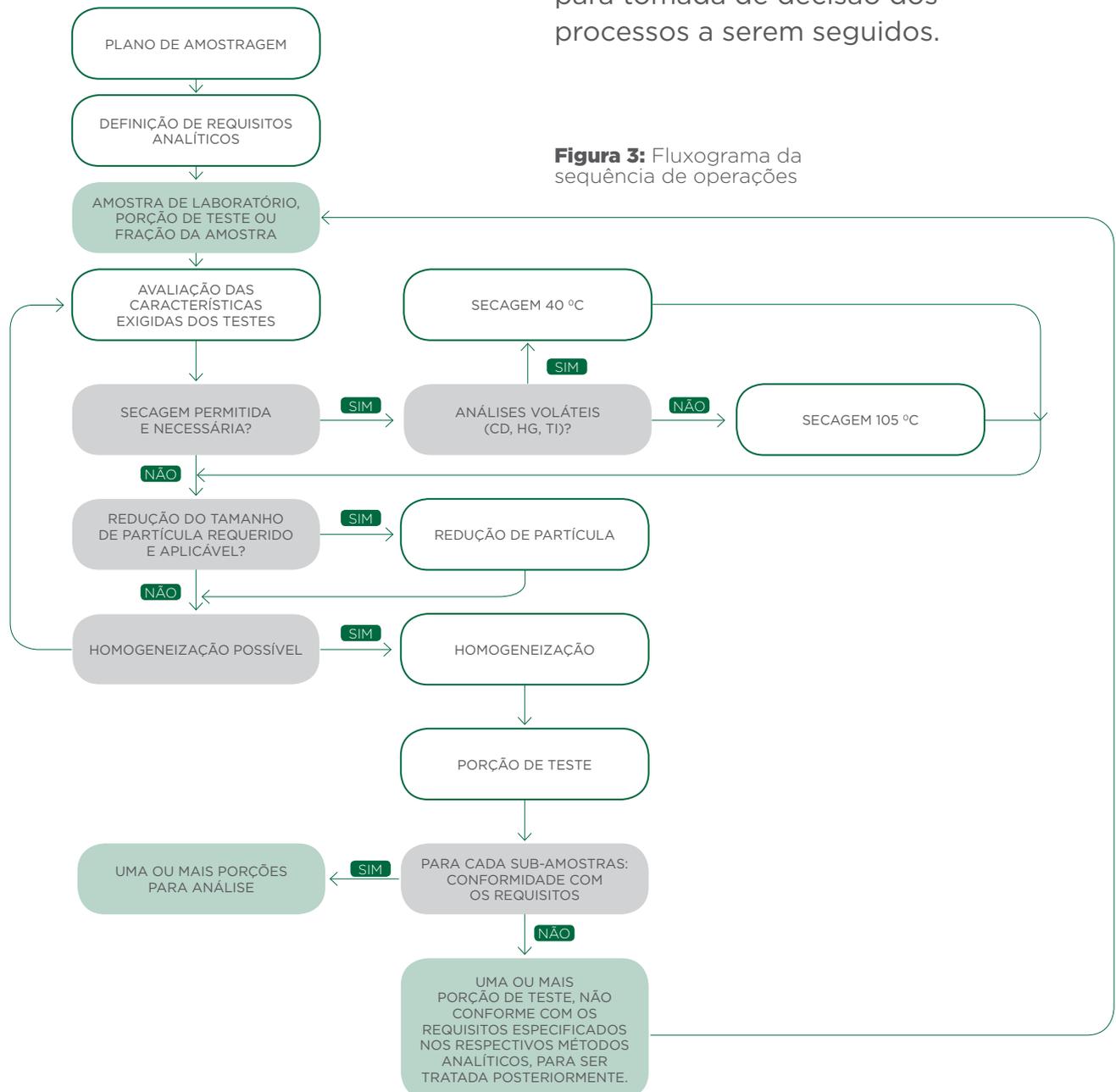
• Se necessário material inferior a 1 mm, repetir a pulverização utilizando a peneira de 0,25 mm ou desejada.

• Após pulverização a 1 mm, secar a amostra até massa constante para, então, prosseguir com os testes. Segundo o Anexo J da UNE-EN-ISO 21645:2022, para a determinação dos parâmetros Poder Calorífico, cloro, cinzas o tamanho da partícula

**Redução volume  
de amostra/  
Pulverizada 1mm**



A Figura 3 apresenta a sequência dos procedimentos necessários às etapas de preparação de amostras, devendo ser avaliadas as etapas para tomada de decisão dos processos a serem seguidos.



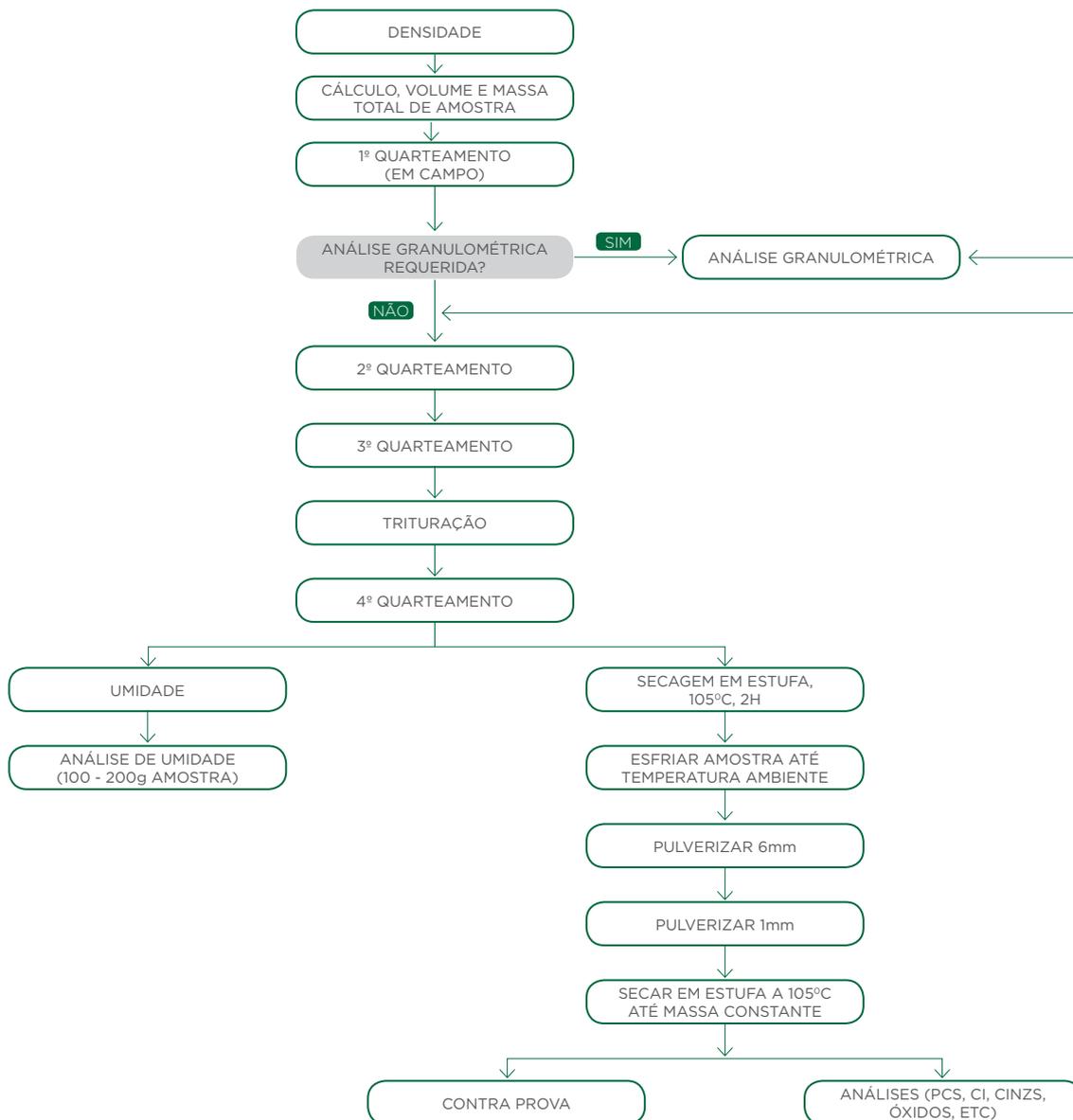
**Figura 3:** Fluxograma da sequência de operações

## 7. RESULTADOS ESPERADOS

A padronização do procedimento de amostragem na cimenteira é o primeiro passo para reduzir os desvios entre as análises na blendeira e na cimenteira. A obtenção da massa necessária para a(s) análise(s) mantendo/preservando as características ao longo de todo processo de preparação.

# 8. ANEXO 1

## FLUXOGRAMA DA AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS



## 9. ANEXO 2

### MASSAS MÍNIMAS POR ENSAIOS

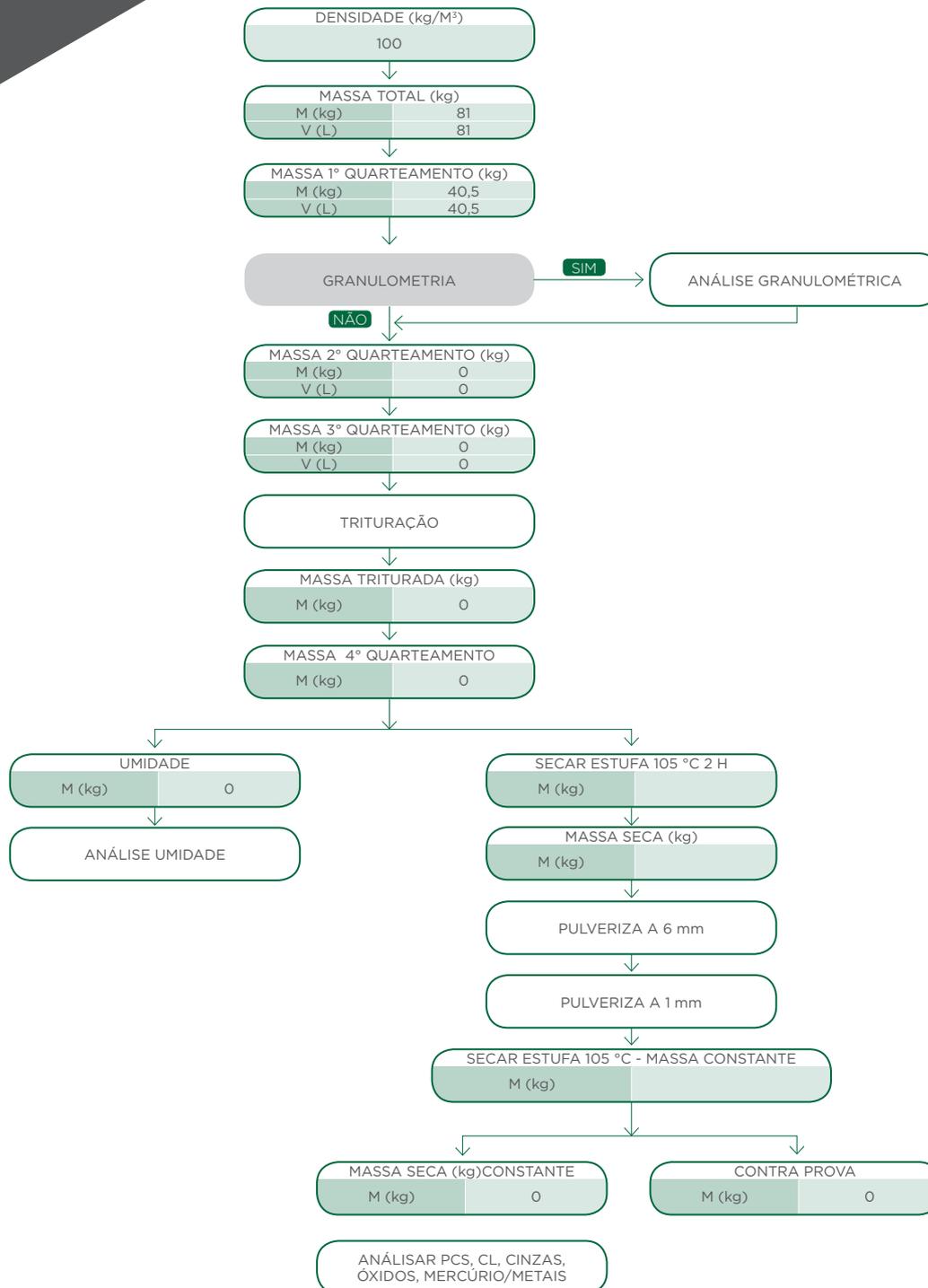
Parâmetro	Tamanho de partícula	Tamanho de porção de ensaio para uma determinação individual
Conteúdo de biomassa	< 1mm	11 g
Poder calorífico	< 1mm	1,1 g + 1,1 g para determinação da umidade nas amostras para análises (também inclui cinzas para o conteúdo de biomassa)
Densidade a granel	Conforme recebido	70 L (inclui compactação de 30%). Pellets 7 L (inclui compactação de 30%)
Umidade total segundo método de referência de secagem em estufa	Até 100 mm	2.000 g
Umidade total segundo método simplificado de secagem em estufa	< 30 mm	500 g
Umidade nas amostras de análises gerais mediante método simplificado de secagem em estufa	< 1mm	1,2 g
Conteúdo de matéria volátil	< 1 mm	1,1 g + 1,1 g para determinação da umidade nas amostras para análises
Conteúdo de cinzas	< 1mm	1,1 g + 1,1 g para determinação da umidade nas amostras para análises
Comportamento da fusão das cinzas usando suas temperaturas características	< 1mm	100 g (materiais lenhosos); 25 g (CDR)
Distribuição granulométrica	Conforme recebido	2,5 kg (inclui 500 g para o conteúdo de umidade); 100% < 25 mm; 1,5 kg (inclui 500 g para o conteúdo de umidade)

## MASSAS MÍNIMAS POR ENSAIOS

Parâmetro	Tamanho de partícula	Tamanho de porção de ensaio para uma determinação individual
Densidade de pellets e briquetes	Conforme recebido	500 g de pellets ou 15 g de briquetes
Durabilidade mecânica de pellets	Conforme recebido	2,5 kg
Propriedade de arqueamento de material a granel	Conforme recebido	1,1 m <sup>3</sup> Para materiais coalescentes
CNHS		100 g
S, Cl,, F, Br		100 g
Elementos majoritários (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Si, Ti)		400 g
Elementos traço (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, V, Zn)		600 g
Alumínio metálico		200 g

# 10. ANEXO 3

## FLUXOGRAMA CÁLCULO DE MASSAS E VOLUMES EM CADA ETAPA DA PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS



# 11. ANEXO 4

ETAPAS DO PROCESSO  
DE PREPARAÇÃO  
DE AMOSTRAS

1. Trituração



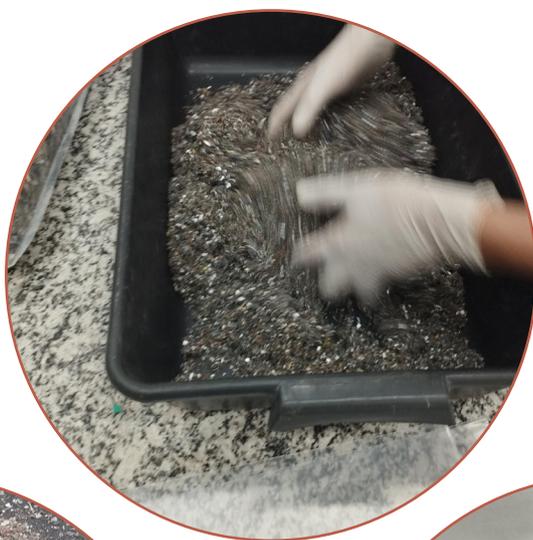
# 11. ANEXO 4

## ETAPAS DO PROCESSO DE PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS

### 2. Secagem



**3. Pulverização  
a. 6 mm**



# 11. ANEXO 4

## ETAPAS DO PROCESSO DE PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS

### 3. Pulverização b. 1 mm



### 3. Pulverização c. Retido peneira 1 mm





**TE-680**  
**MOINHO SUPER MACRO TIPO WILEY**  
MOLINO SUPER MACRO TIPO WILEY





COPROCESSAMENTO

**[www.coproprocessamento.org.br](http://www.coproprocessamento.org.br)**  
**[www.abcp.org.br](http://www.abcp.org.br)**