

ABCP on
LINE

Palestra INTRODUÇÃO À
**FABRICAÇÃO
DE CIMENTO**



Palestrante

Msc Engº Flávio André da Cunha Munhoz

Supervisor do Laboratório de Cimento da ABCP. Coordenador e secretário de Comissões de Norma do CB-18 - Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Colaboração para manutenção do Sistema da Qualidade da NBR ISO 9001 e NBR ISO/IEC 17025.

ABCP on LINE

Realização



Associação
Brasileira de
Cimento Portland



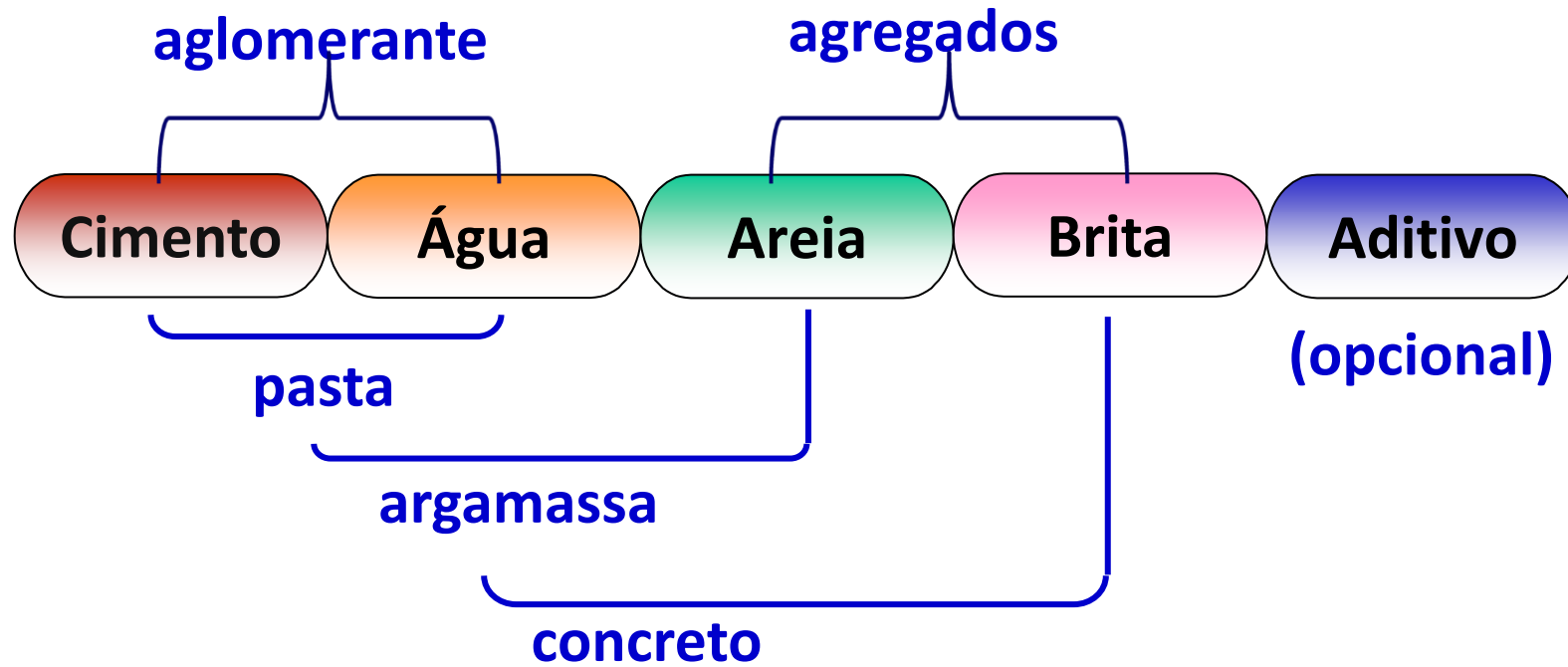
SNIC
SINDICATO NACIONAL DA
INDÚSTRIA DO CIMENTO

Palestra INTRODUÇÃO À FABRICAÇÃO DE CIMENTO



Msc Engº Flávio André da Cunha Munhoz
Supervisor do Laboratório de Cimento da ABCP

DOSAGEM



Realização



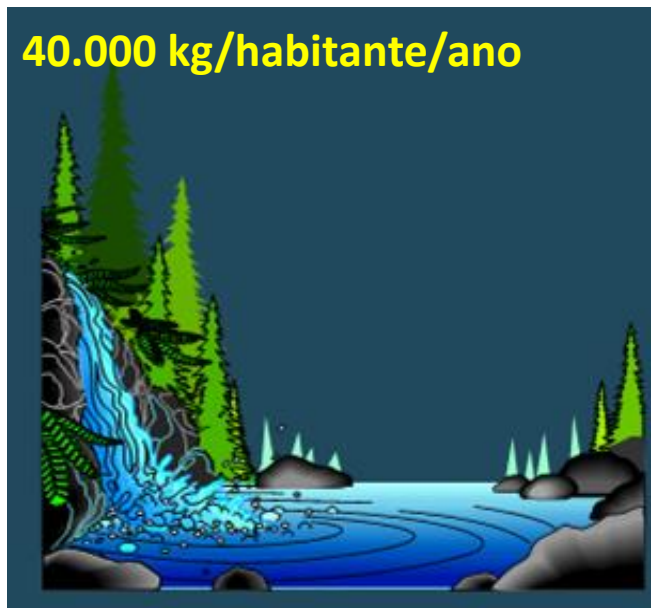
Apoio



IMPORTÂNCIA

Consumo de Concreto

O concreto é o segundo produto mais consumido pela humanidade



4400 kg/habitante/ano

Realização

 Associação Brasileira de Cimento Portland

 SNIC
SINDICATO NACIONAL DA
INDÚSTRIA DO CIMENTO

Apoio

 CONCRETESHOW
A FEIRA DO CIMENTO E CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO

CONSUMO DE CONCRETO

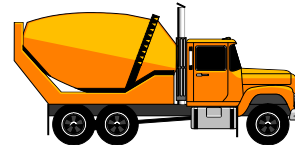
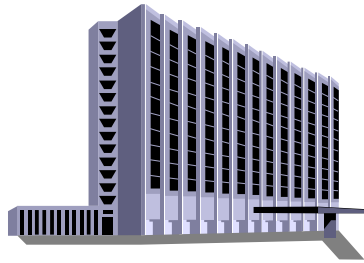
Consumo mundial	
Cimento	4 bilhões de toneladas
Concreto	32 bilhões de toneladas

Consumo brasileiro	
Cimento	70 milhões de toneladas
Concreto	560 milhões de toneladas



233 milhões de m³ de concreto

80.000 prédios
20 andares
400m²



46.600.000
caminhões
betoneiras de 5 m³

Realização



Apoio



O CONCRETO ESTÁ PRESENTE NO DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE



Estradas



Corredores urbanos



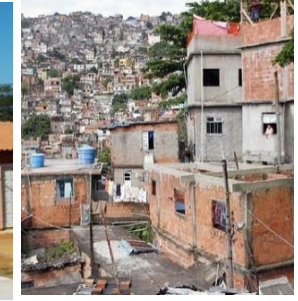
Pontes / Viadutos



Saneamento



Casas populares



Favelas



Edifícios



Hospitais



Shoppings / Hotéis



Escolas



Creches



Estádios



**Praças
Centros de Lazer**



Ferrovias



Portos



Aeroportos



Barragens



Presídios

Realização



Apoio



HISTÓRICO MUNDIAL

Gregos e Romanos

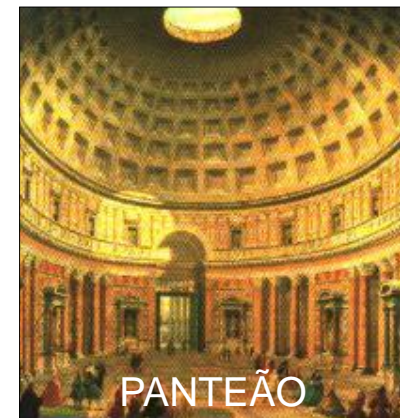
- Pioneiros na utilização do cimento

Cimento

- Cal + Cinzas vulcânicas

Obras

- Panteão, Coliseu, Basílica de Constantino, etc.



Realização



Apoio



HISTÓRICO MUNDIAL

1824

Patente do Cimento Portland



Joseph Aspdin
CALCÁRIO
 +
ARGILA
 (Calcinados)



Essa mistura resultou um pó, que por apresentar características semelhantes a uma pedra abundante da ilha de Portland, foi denominado “cimento portland”.

Realização



Associação
 Brasileira de
 Cimento Portland



SINIC
 SINDICATO NACIONAL DA
 INDÚSTRIA DO CIMENTO

Apoio



CONCRETE SHOW
 A FEIRA DO CIMENTO E CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO

CIMENTO PORTLAND

Definição

- Aglomerante hidráulico constituído de uma mistura de

Clínquer Portland
+
sulfato de cálcio

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND



Cimento: palavra originária do Latim *Caementu*, que na antiga Roma uma espécie de pedra natural de rochedos.

Aglomerante hidráulico constituído de óxidos (cálcio, silício, ferro e alumínio) que em contato com a água tem a capacidade de endurecer.

Realização



Apoio



CLÍNQUER PORTLAND – ETAPAS DA FABRICAÇÃO

- **Extração das matérias-primas**
- **Britagem e moagem**
- **Dosagem da farinha**
- **Homogeneização**
- **Queima (Clinkerização)**
- **Resfriamento**
- **Moagem**
- **Ensacamento**

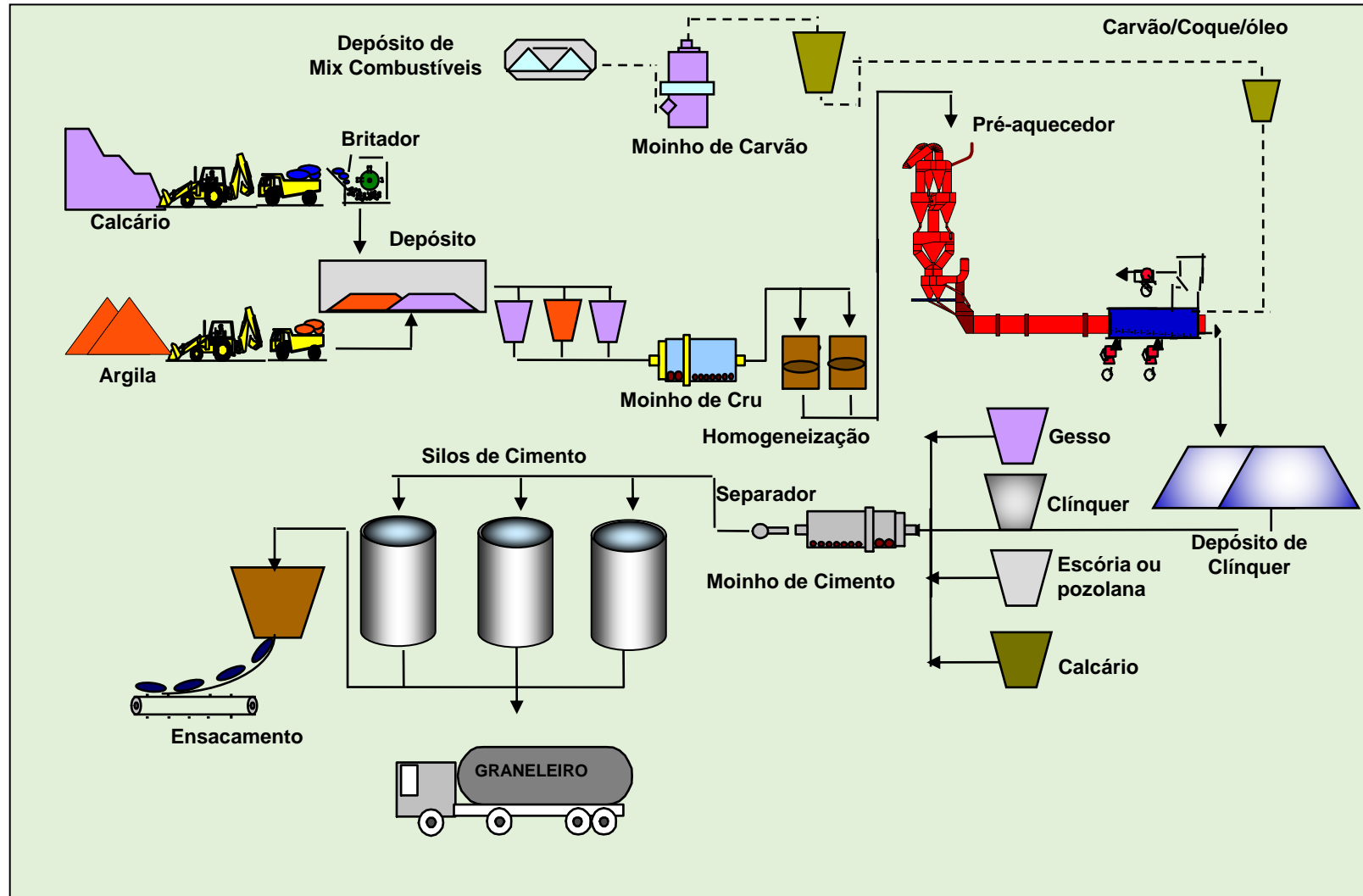
Realização



Apoio

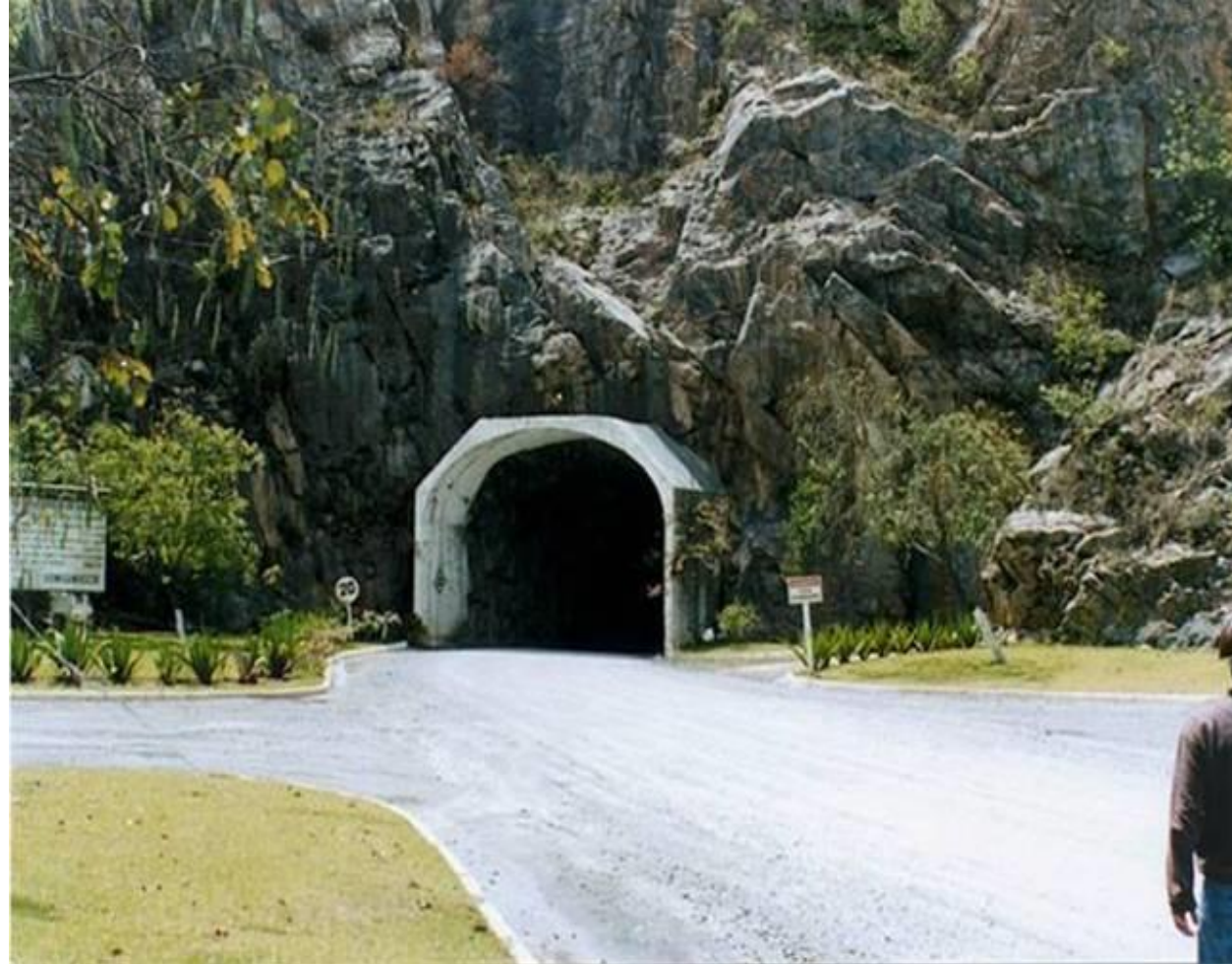


ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DE UMA FÁBRICA



A oferta dos diversos tipos de cimento varia em função do número de silos e da disponibilidade de matéria-prima, da característica do mercado regional. Em geral a fábrica oferece 2 a 3 tipos.

JAZIDA DE CALCÁRIO (SUBTERRÂNEA)



Principal matéria-prima na fabricação do cimento

Realização



Apoio



JAZIDA DE CALCÁRIO (CÉU ABERTO)



Principal matéria-prima na fabricação do cimento

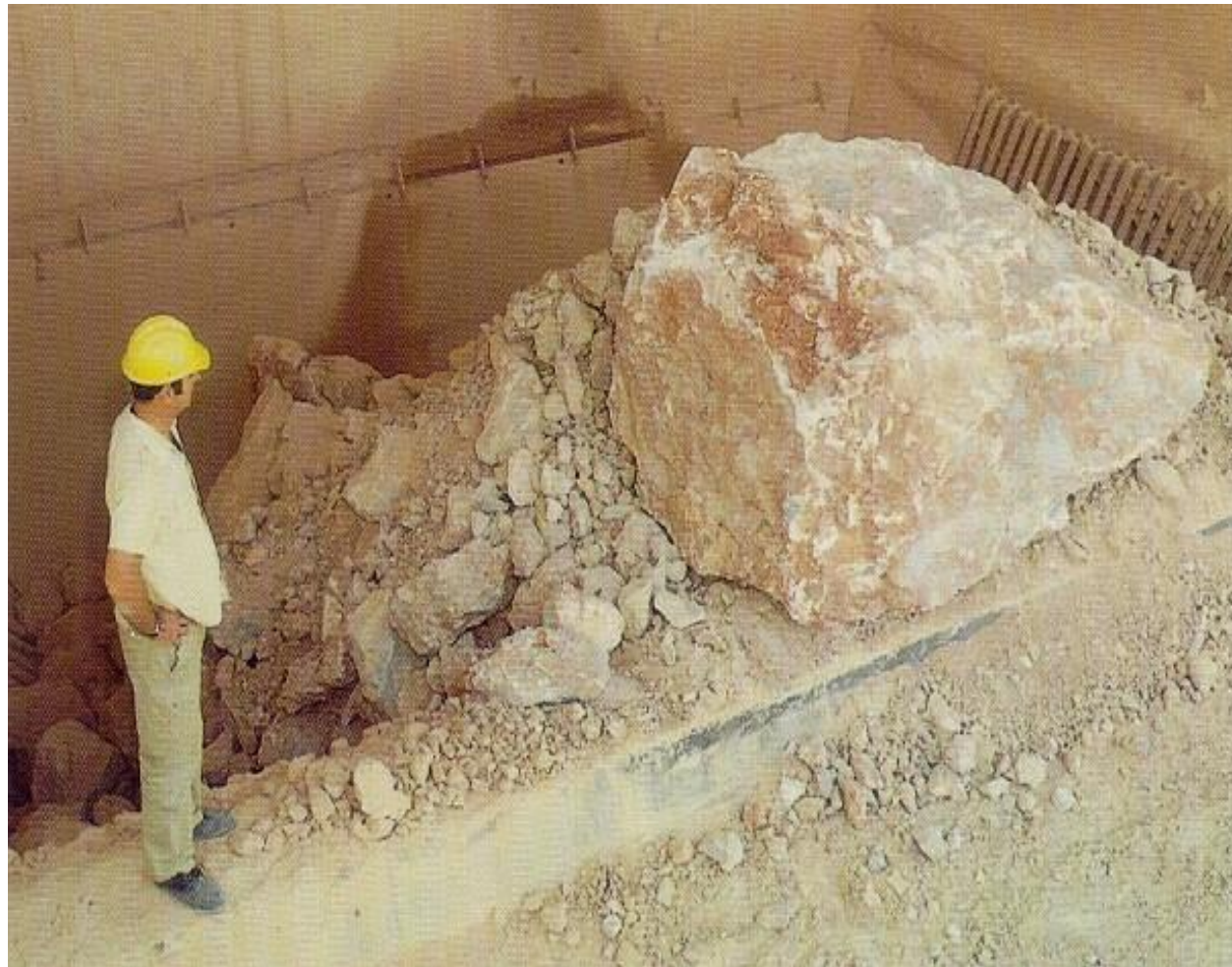
Realização



Apoio



BRITAGEM



Na britagem, o calcário é reduzido a dimensões adequadas ao processamento industrial

Realização

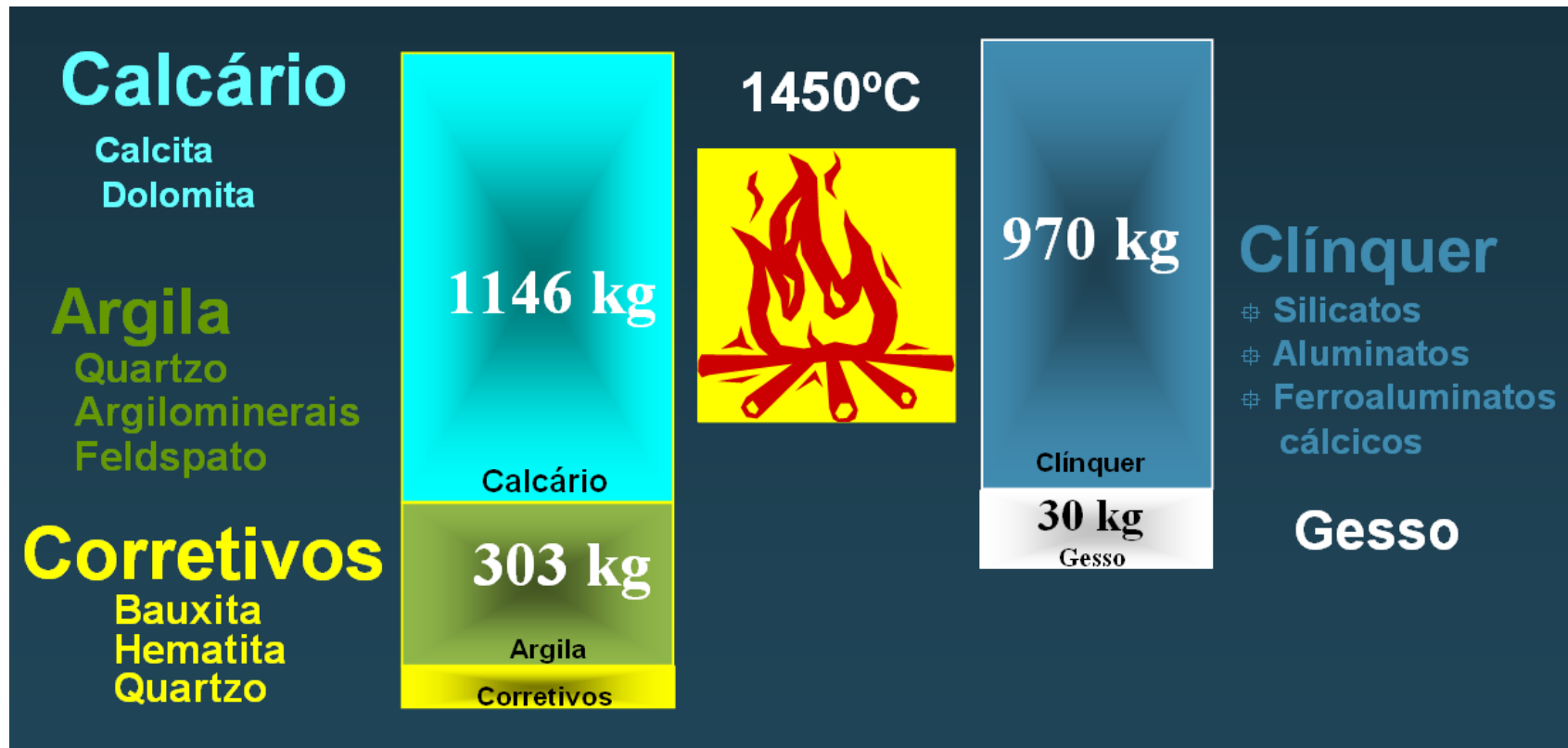


Apoio



COMPOSIÇÃO

Para a produção de 1 tonelada de cimento (20 sacos), são utilizados, em média:



Realização



Apoio



COMPOSIÇÃO

→ Óxidos fundamentais

- CaO
- SiO₂
- Al₂O₃
- Fe₂O₃

→ Óxidos secundários

- MgO, K₂O, Na₂O, SO₃
- MnO, P₂O₅, TiO₂, BaO,
- F , Cl , Cr₂O₃, SrO

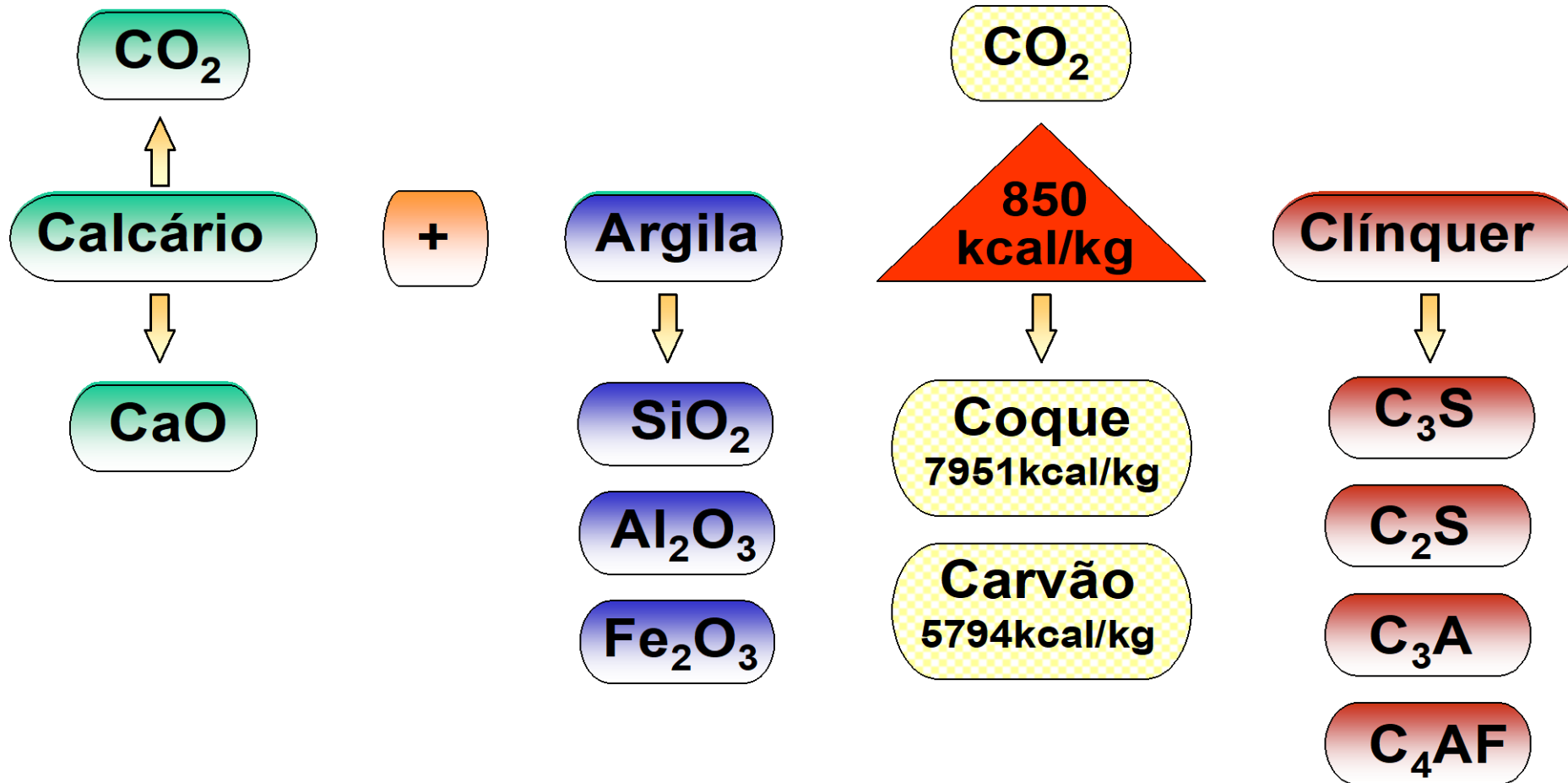
Realização



Apoio



COMPOSIÇÃO



$$FSC = \frac{100CaO}{2,8SiO_2 + 1,2Al_2O_3 + 0,65Fe_2O_3}$$

$$MS = \frac{SiO_2}{Fe_2O_3 + Al_2O_3}$$

$$MA = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

Realização



Apoio



QUEIMA

Emissão de Gás Carbônico (CO₂)

- O controle da emissão de CO₂, um dos principais causadores do efeito estufa, representa um dos maiores desafios do setor na área do meio ambiente. A indústria do cimento responde por aproximadamente 5% das emissões antrópicas de gás carbônico do mundo.

Alguns países emissores de CO ₂ (kg/ ton. de cimento)	
Brasil	610
Espanha	698
Inglaterra	839
China	848

Realização

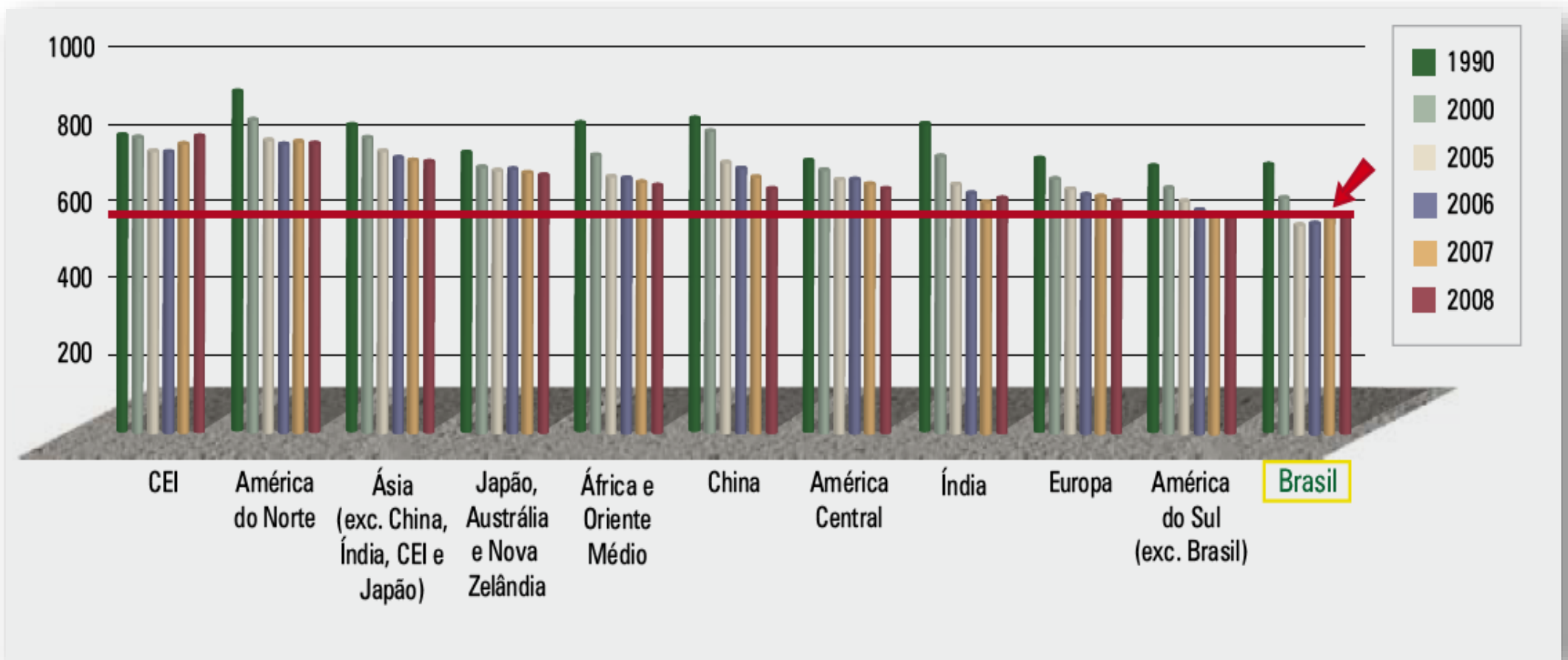


Apoio



QUEIMA

Emissão de Gás Carbônico (CO₂) por tonelada de cimento



Realização



Apoio



QUEIMA

Forno Rotativo



No forno, a uma temperatura próxima a 1450°C, o material transforma-se em pelotas escuras - o clínquer.

Realização

 Associação Brasileira de Cimento Portland

 **SNIC**
SINDICATO NACIONAL DA
INDÚSTRIA DO CIMENTO

Apoio

 **CONCRETE SHOW**
A FEIRA DO CIMENTO E CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO

REAÇÕES DE FORMAÇÃO DO CLÍNQUER PORTLAND

➤ 20 - 100°C

- Perda de água livre

➤ 500 - 600°C

- Desidroxilação dos argilominerais
- Transformação do quartzo α em quartzo β

➤ 700 - 900°C

- Descarbonatação dos carbonatos
- Primeiras reações em estado sólido com formação de aluminatos e ferroaluminatos cálcicos ($C_{12}A_7$ e $C_2[A,F]$)
- Primeiros cristais de belita (C_2S)
- Formação de cristobalita a partir do quartzo

Realização



Apoio



REAÇÕES DE FORMAÇÃO DO CLÍNQUER PORTLAND

➤ 900 - 1200°C

- Cristalização da belita
- Conversão do $C_{12}A_7$ e $C_2[A,F]$ em C_3A e C_4AF
(ocorrem apenas reações em estado sólido)

➤ 1250 - 1350°C

- Fusão dos constituintes da fase intersticial (C_3A e C_4AF)
- Geração dos primeiros cristais de alita (C_3S) a partir dos cristais pré-existentes de belita (C_2S) e CaO

➤ 1350 - 1450°C

- Desenvolvimento dos cristais de alita (C_3S)

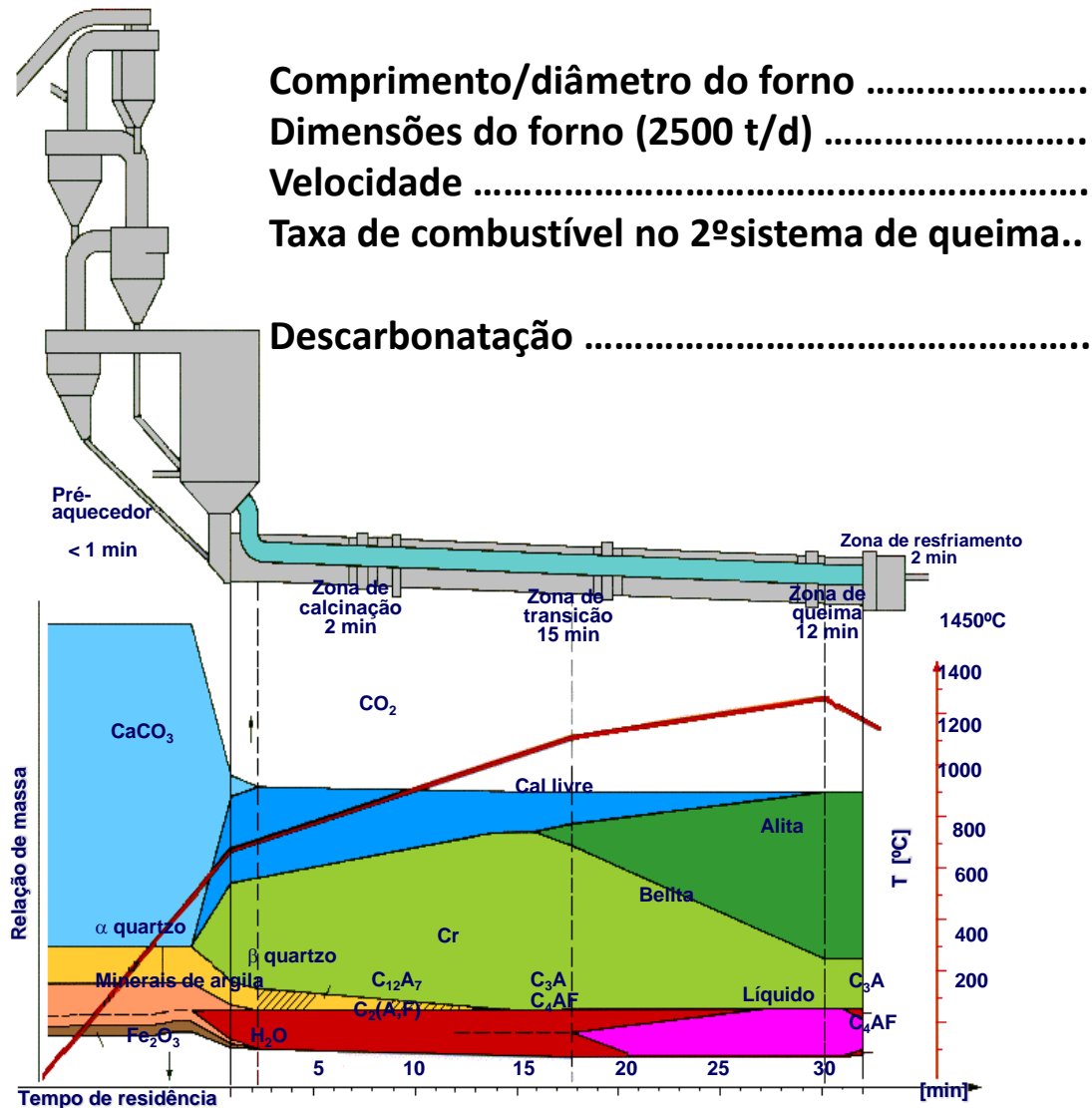
Realização



Apoio



FORNO ROTATIVO COM PRÉ-AQUECEDOR E PRÉ-CALCINADOR



Comprimento/diâmetro do forno aproximadamente 14/1
 Dimensões do forno (2500 t/d) 4.0 x 56 a 4.4 x 64m
 Velocidade aproximadamente 3rpm
 Taxa de combustível no 2º sistema de queima.. 65% máximo
 (ar terciário)
 Descarbonatação aproximadamente 95%

Realização

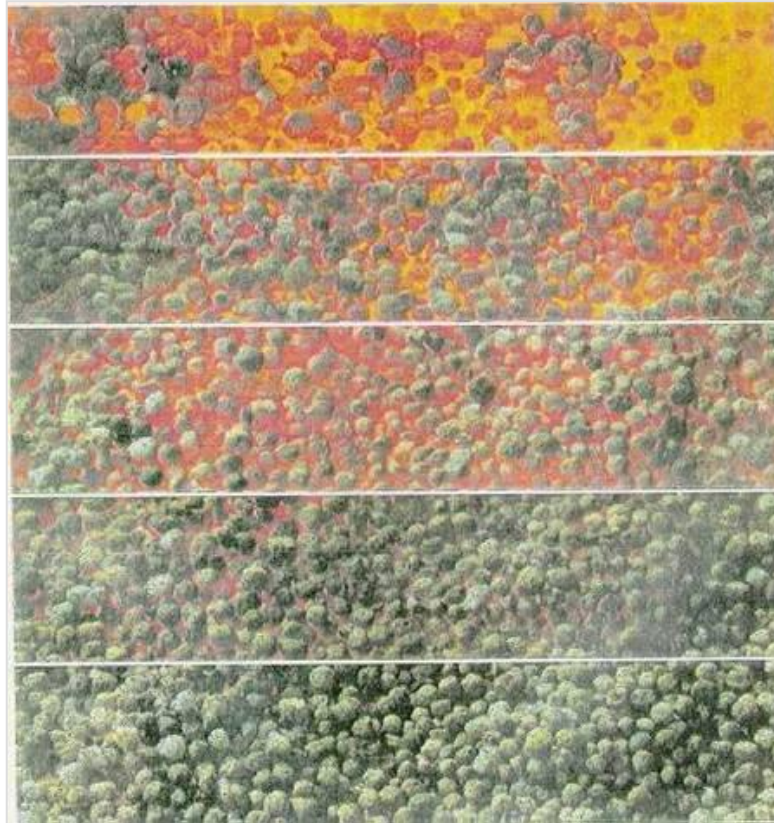


Apoio

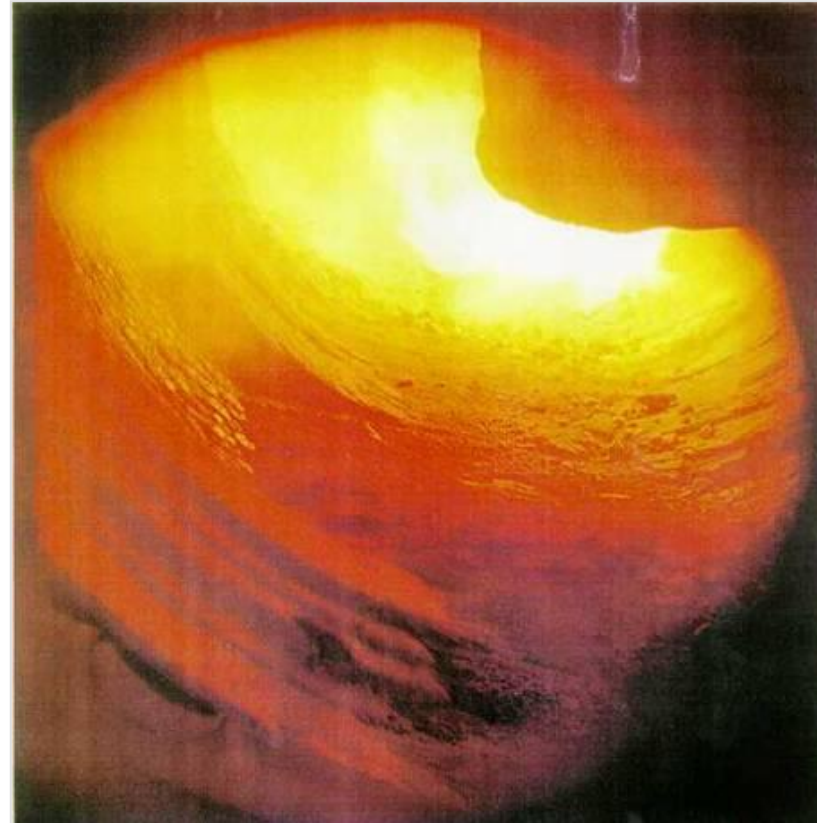


FORMAÇÃO DO CLÍNQUER

Clínquer



Interior do forno



Realização



Apoio



CLÍNQUER PORTLAND



Realização



Apoio



MINERALOGIA DO CLÍNQUER PORTLAND

PRINCIPAIS

Alita

Belita

Fase Intersticial

SECUNDÁRIOS

CaO livre

Periclásio

COMPOSIÇÃO

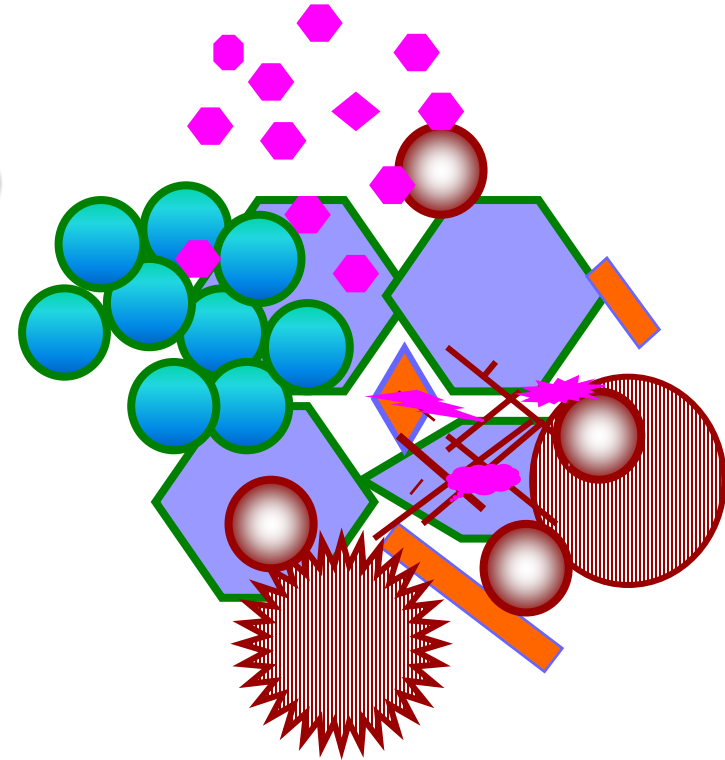
C_3S

C_2S

C_3A e C_4AF

CaO

MgO



Realização

Apoio

MINERALOGIA DO CLÍNQUER PORTLAND

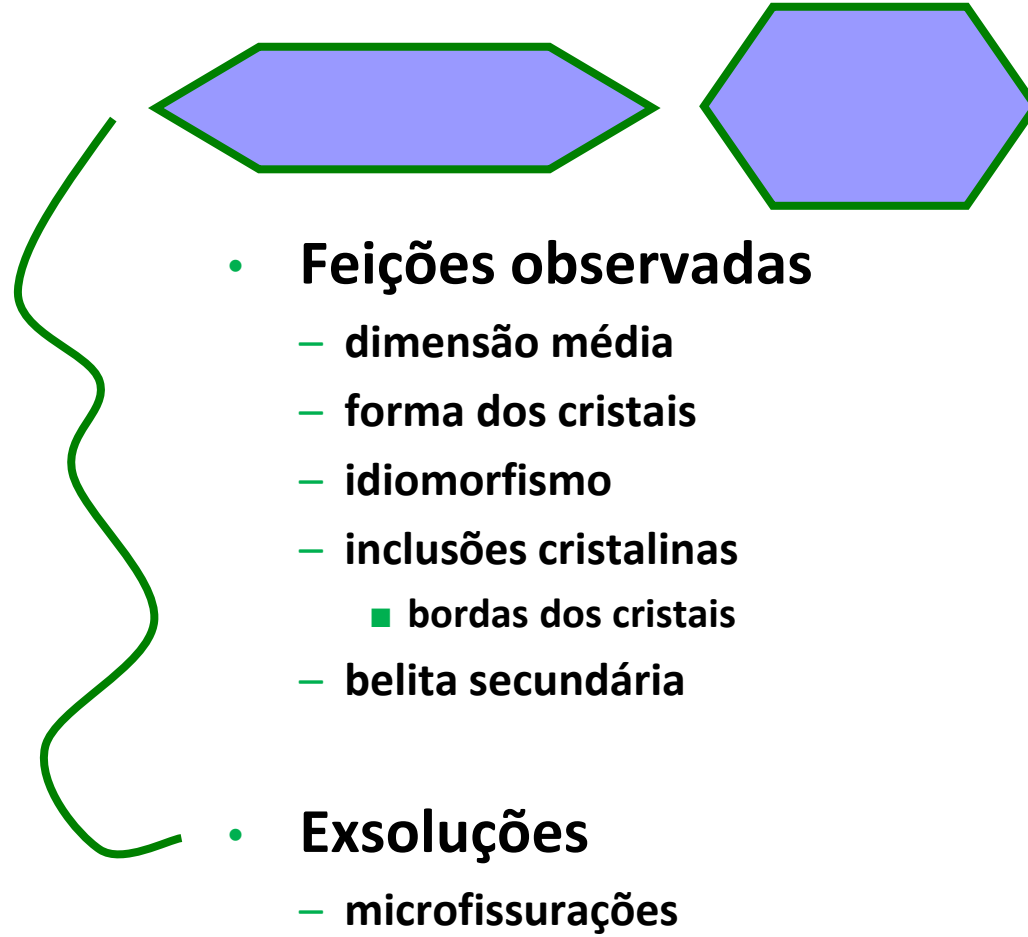
Alita → C₃S

✓ **3CaO.SiO₂**

✓ **50-80%**

✓ **MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂,
P₂O₅, SO₃, Na₂O, K₂O etc.**

✓ **R1, R3, R28**



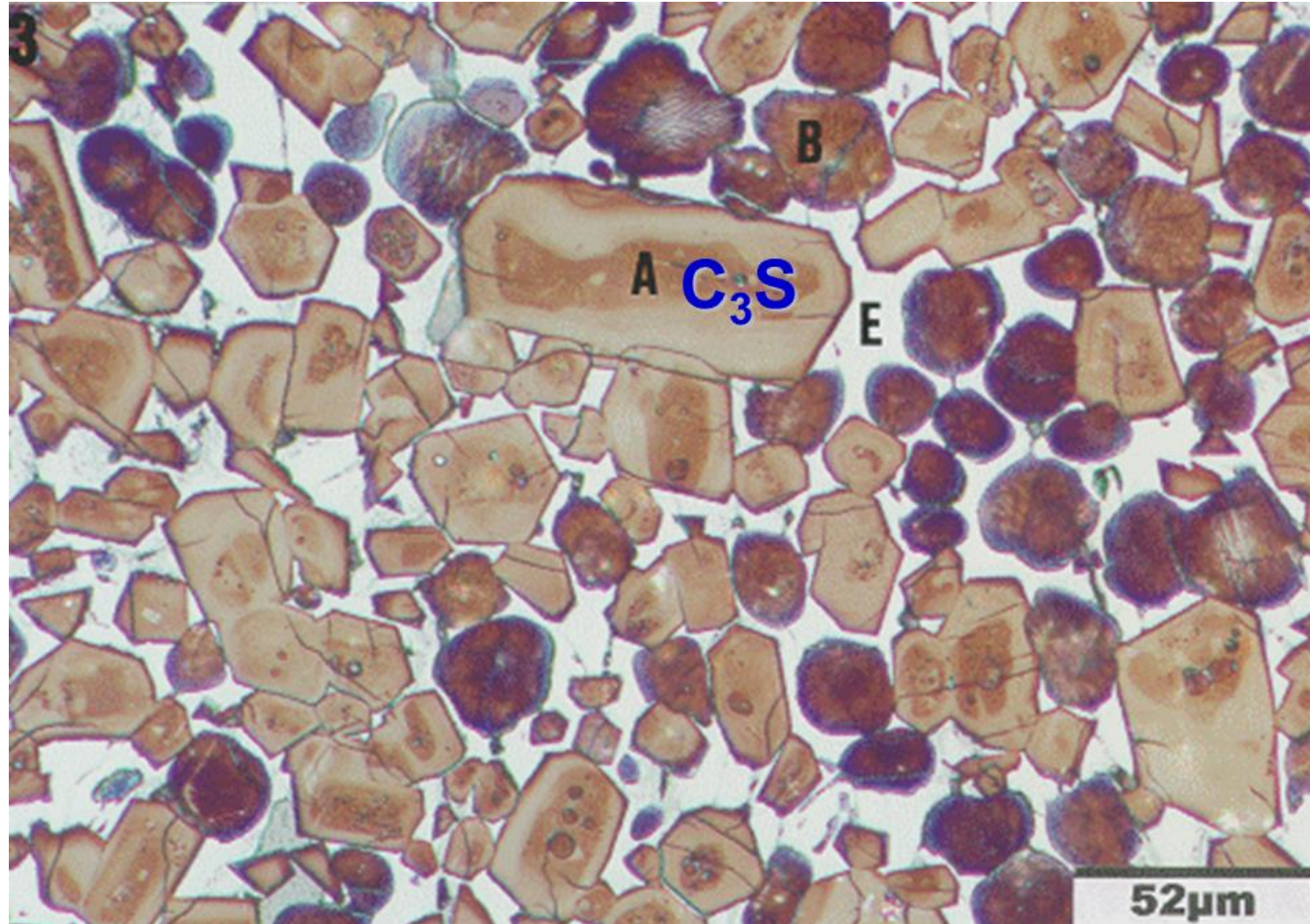
Realização



Apoio



MINERALOGIA DO CLÍNQUER PORTLAND



Realização



Apoio



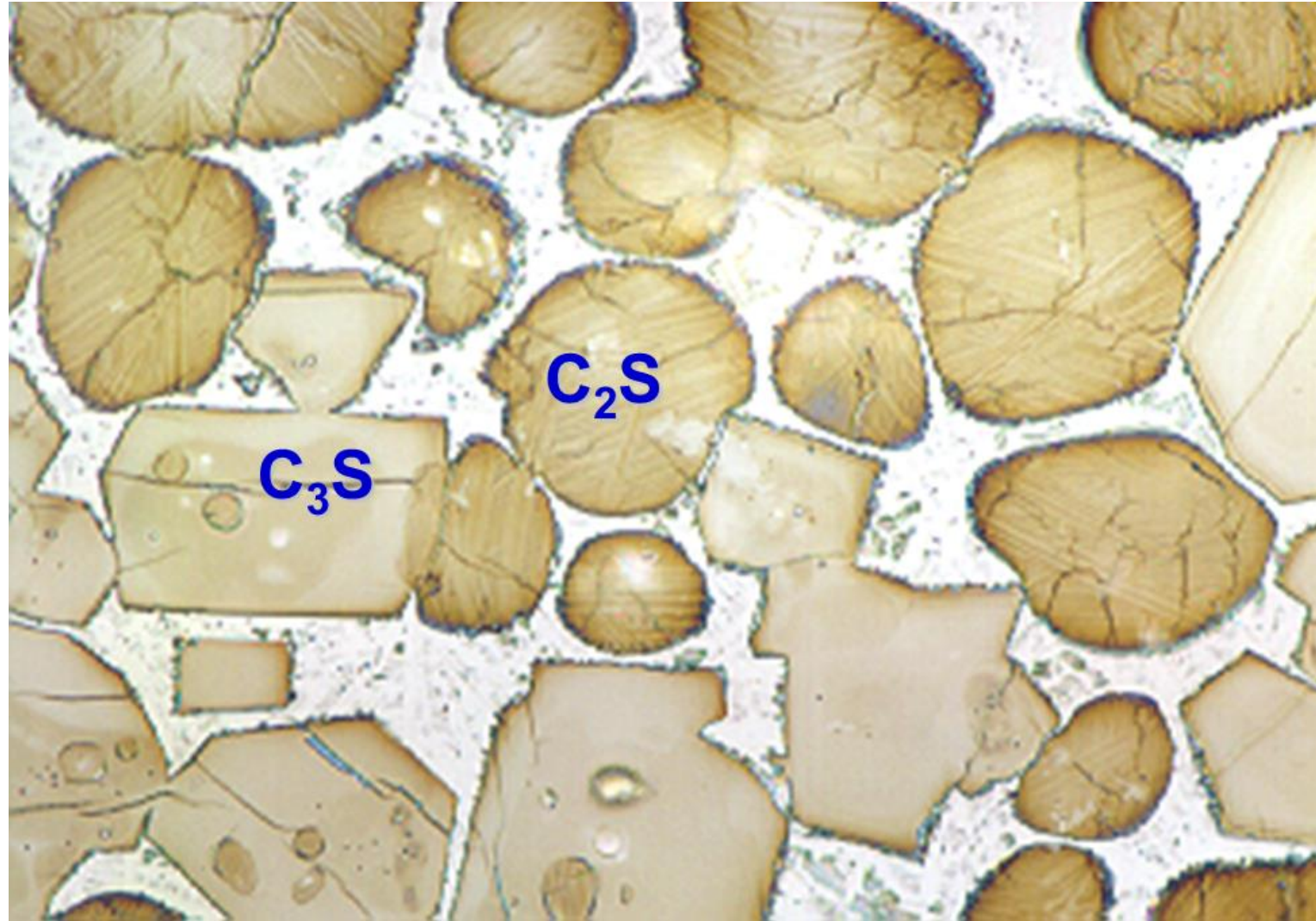
MINERALOGIA DO CLÍNQUER PORTLAND

Belita → C₂S

- ✓ 2CaO.SiO₂
- ✓ em média - 20%
- ✓ 4 fases polimórficas (α, α', β e γ)
- ✓ (MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, P₂O₅, SO₃, Na₂O, K₂O)
- ✓ R28 → idades mais avançadas



MINERALOGIA DO CLÍNQUER PORTLAND



Realização



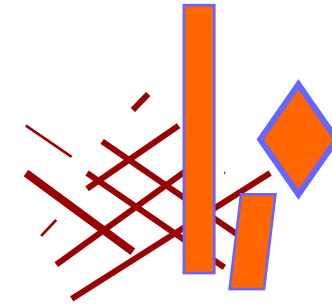
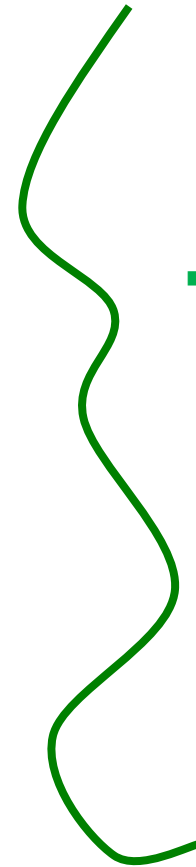
Apoio



MINERALOGIA DO CLÍNQUER PORTLAND

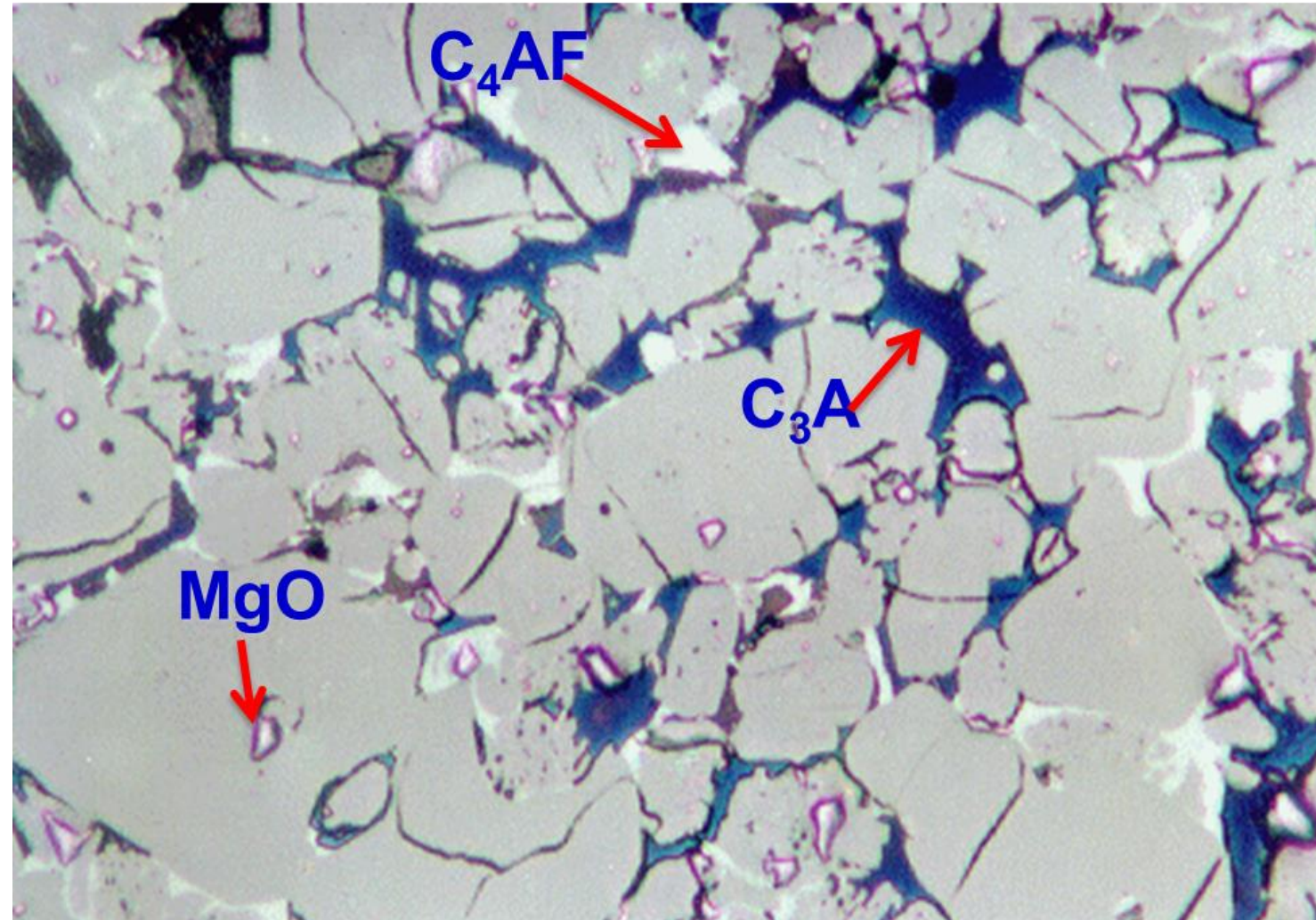
Fase Intersticial ($C_3A + C_4AF$)

- ✓ $3CaO \cdot Al_2O_3$
- ✓ $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2Fe_2O_3$
- ✓ 10 a 20%
- ✓ (MgO, TiO_2 , Na_2O , K_2O etc.)
- ✓ pega do cimento (C_3A)
- ✓ resistência a sulfatos (C_4AF)



- **Feições Observadas:**
 - grau de cristalização
 - forma dos cristais de C_3A
 - predominância

MINERALOGIA DO CLÍNQUER PORTLAND



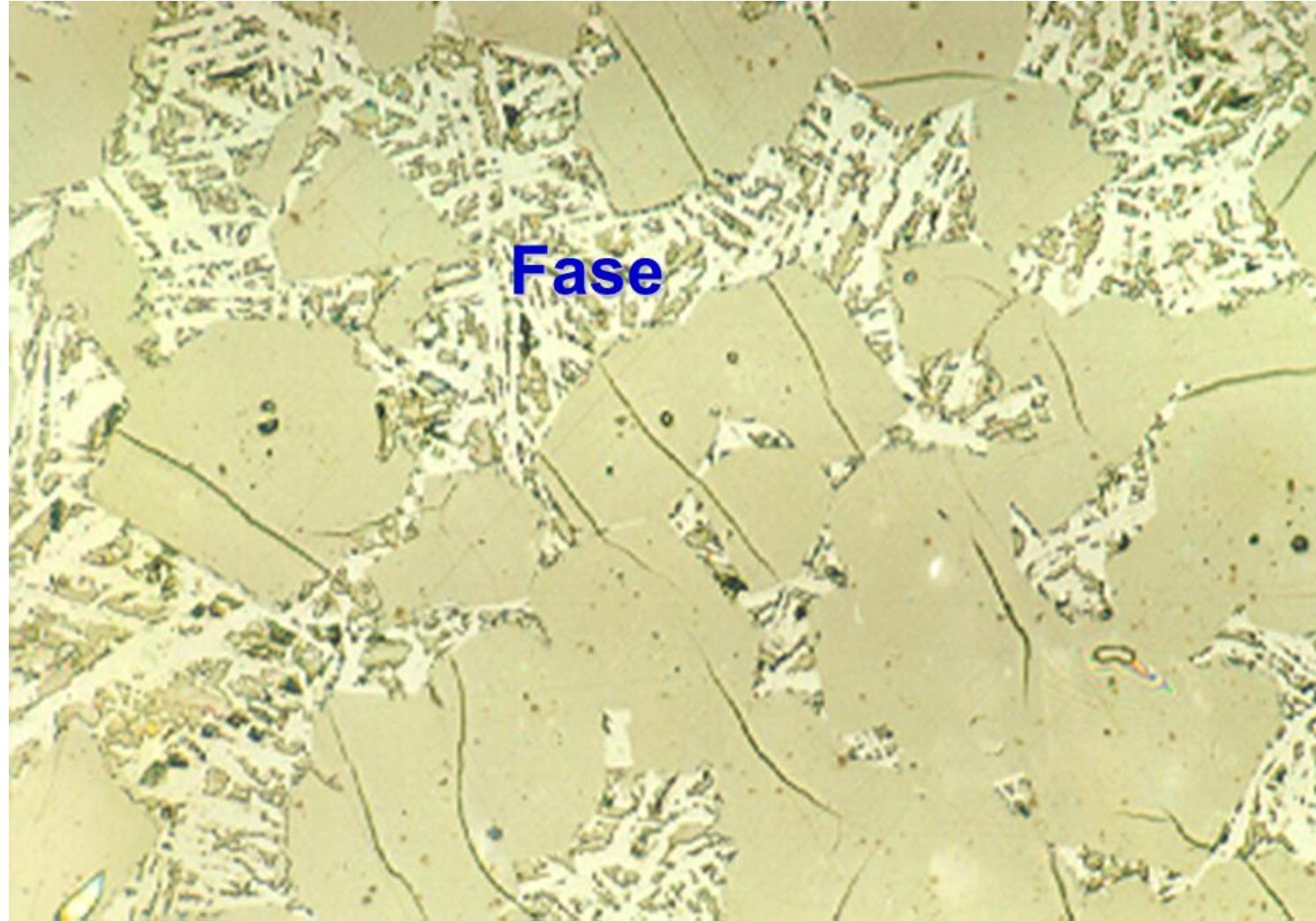
Realização



Apoio



MINERALOGIA DO CLÍNQUER PORTLAND



Realização



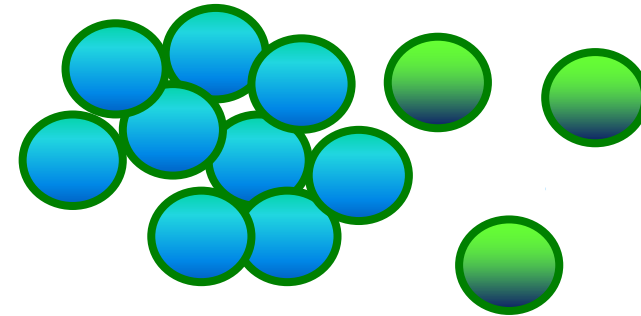
Apoio



MINERALOGIA DO CLÍNQUER PORTLAND

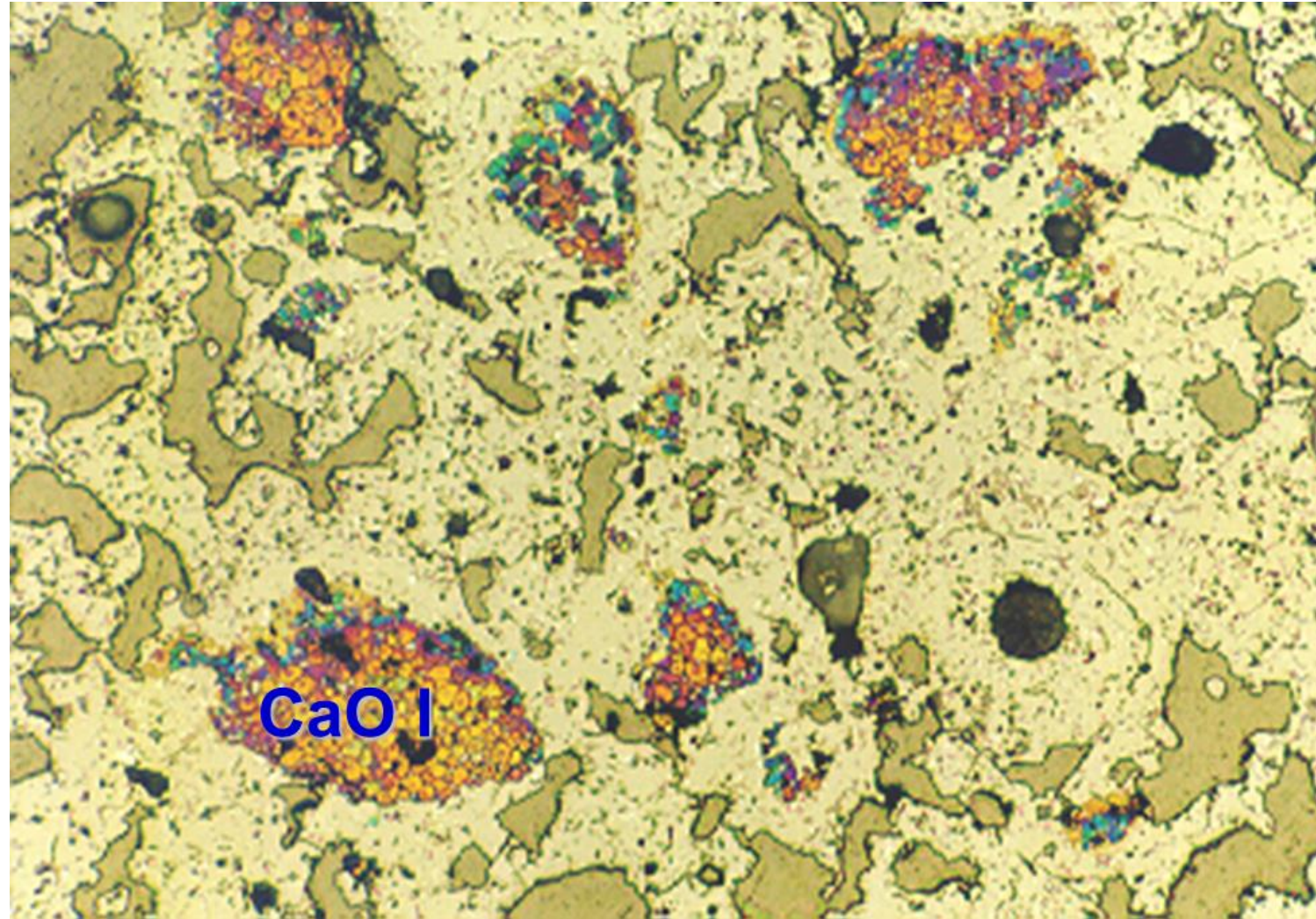
Cal livre (CaO)

- ✓ 0 a 2%
- ✓ ideal <1%
- ✓ parâmetro para avaliar condições de fabricação
- ✓ componente mais reativo do clínquer:
 - $\text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$



- **Feições Observadas:**
 - distribuição dos cristais
 - dimensão média das zonas regulares

MINERALOGIA DO CLÍNQUER PORTLAND



Realização



Apoio



MINERALOGIA DO CLÍNQUER PORTLAND

Periclásio (MgO)

- ✓ 0 a 6,5%
- ✓ calcário magnesiano
- ✓ se forma com teores de MgO > 1,5%
- ✓ praticamente inerte
- ✓ em ensaios de autoclave expansivo:
- ✓ $\text{MgO} \Rightarrow \text{Mg(OH)}_2$

■ Feições Observadas:

- distribuição dos cristais
- dimensão média das zonas regulares
- forma dos cristais

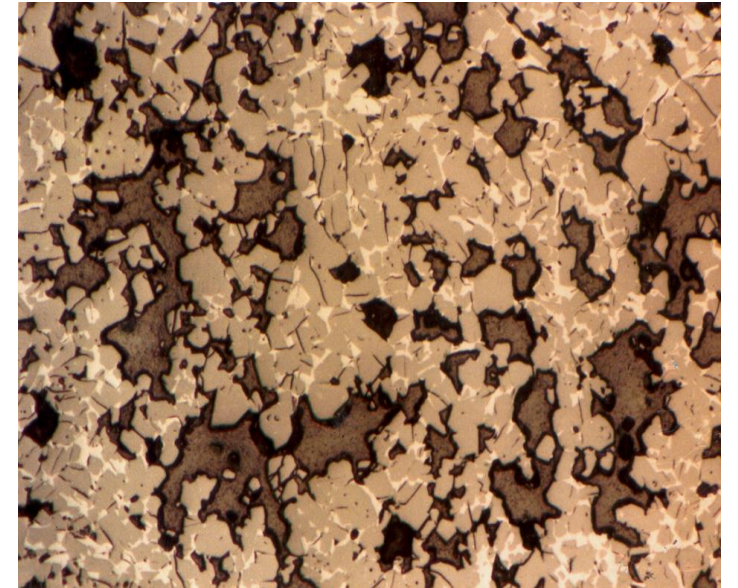
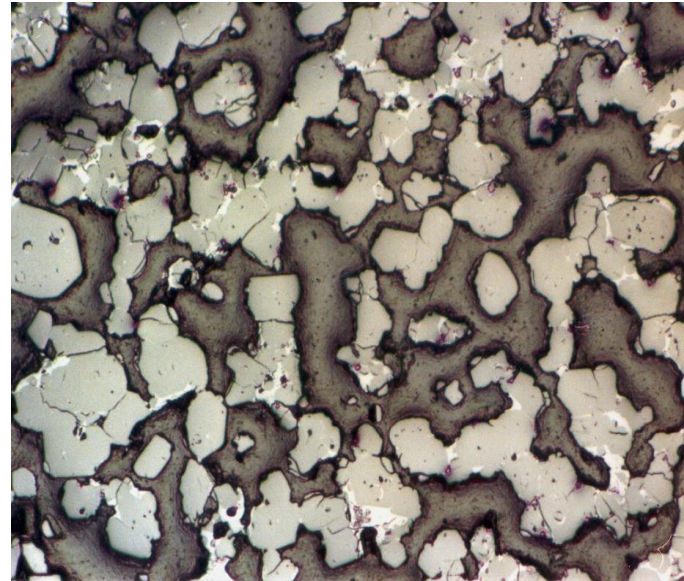
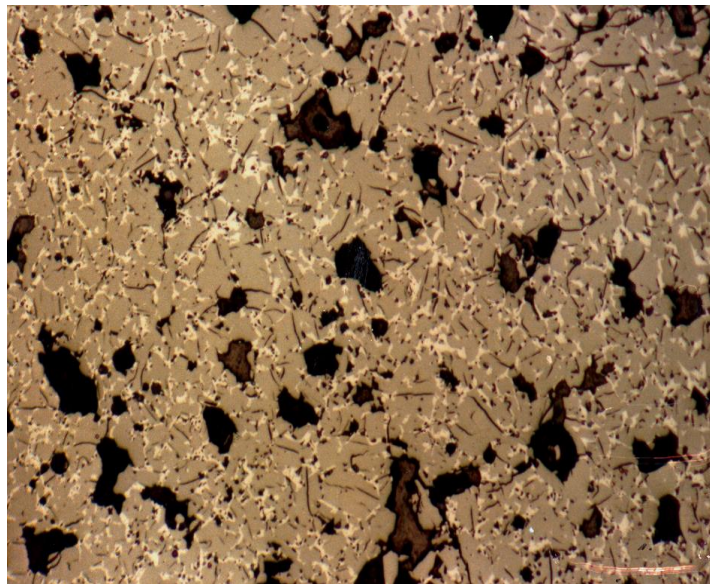
Realização



Apoio



POROSIDADE DO CLÍNQUER



Realização



Apoio



MOINHO DE CIMENTO



Na moagem final, o sulfato de cálcio e eventuais adições são misturados ao clínquer, resultando o cimento

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND



Realização



Apoio



TIPOS DE CIMENTO

Conforme o tipo de cimento poderão ser acrescentados, no processo de moagem, materiais conhecidos por Adições:

- Cinza volante
- Escória de alto-forno
- Argila calcinada
- Pozolanas naturais
- Fíler calcário

Realização



Apoio



TIPOS DE CIMENTO



+



CP I ou CP V

+



CP II-F

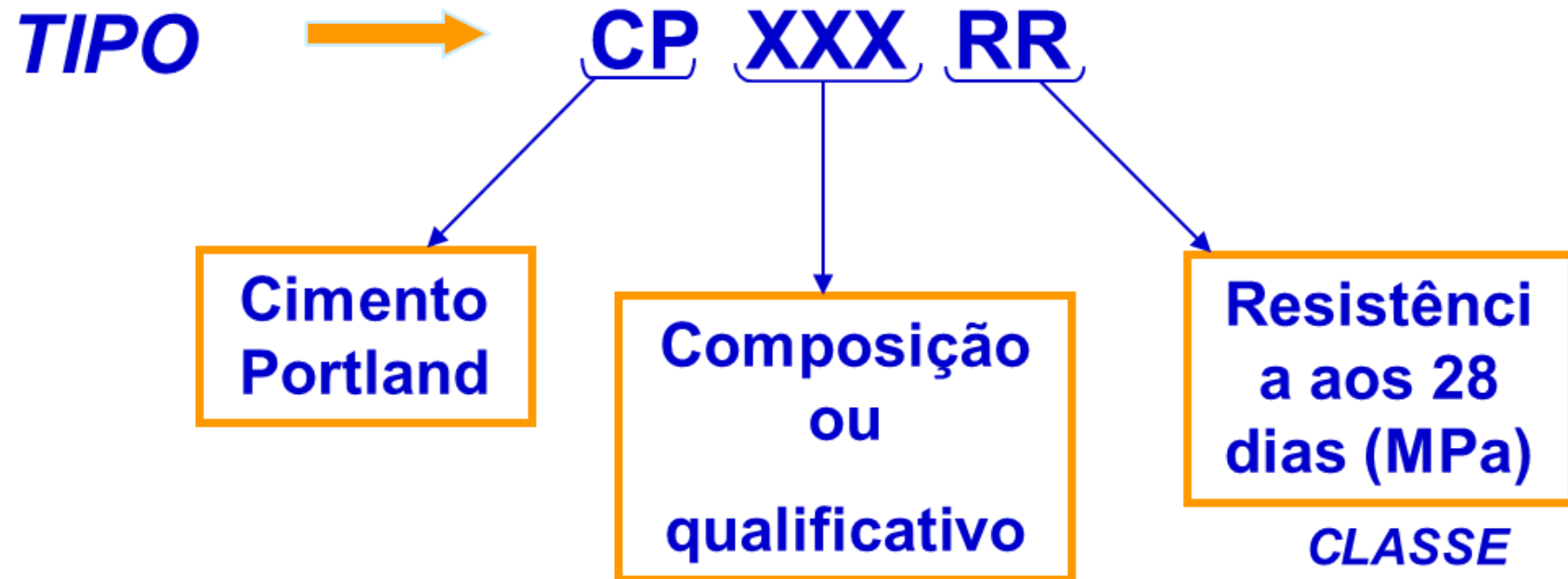


**CP II-E ou
CP III**



**CP II-Z ou
CP IV**

TIPOS DE CIMENTO



CP II- E- 32 (TIPO)

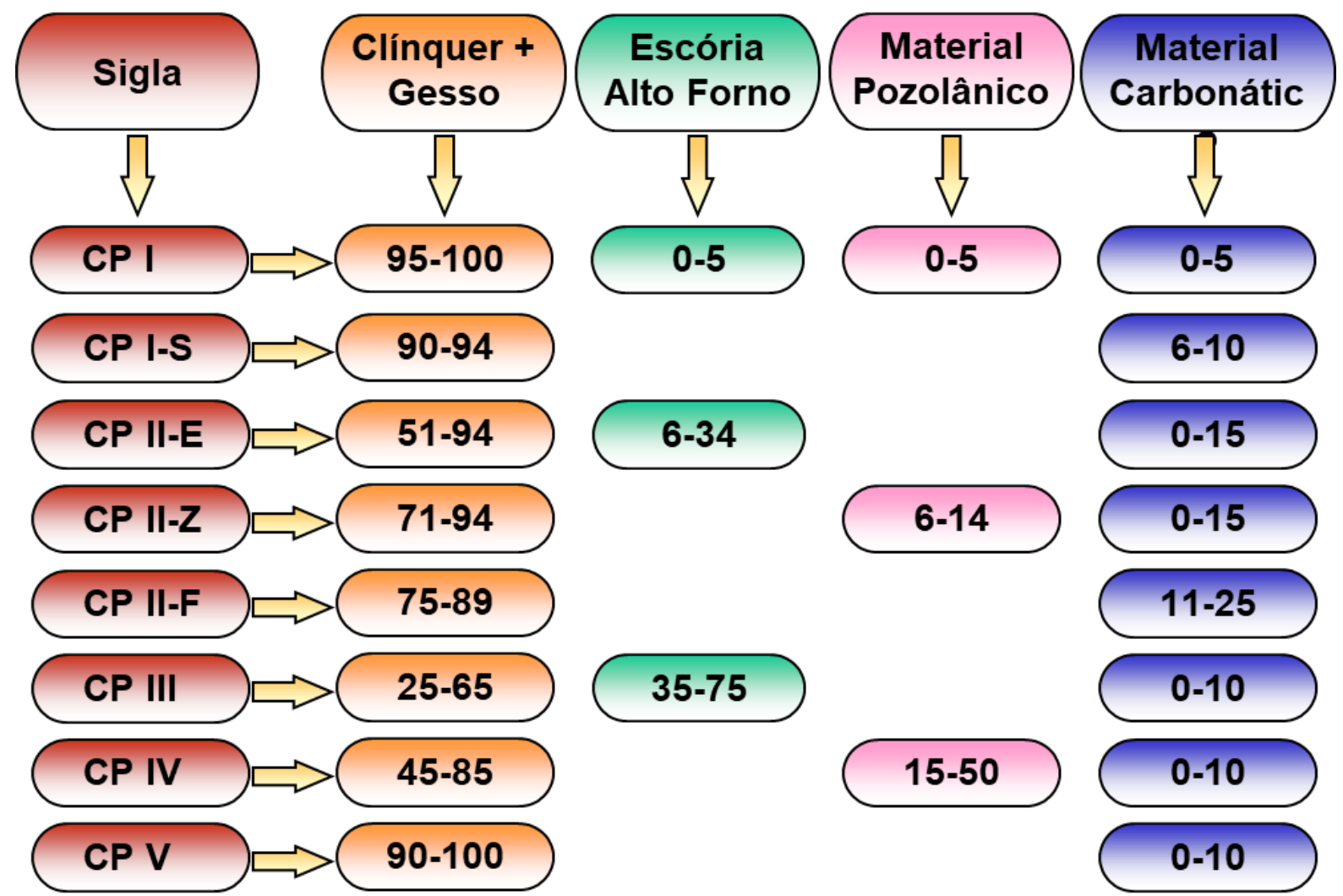
CPII-E (SIGLA)

32 (CLASSE)

SIGLA

NOME TÉCNICO: Cimento Portland composto com escória

TIPOS DE CIMENTO



Realização



Apoio



ADIÇÕES AO CIMENTO

Regionalização dos tipos de cimento



ADIÇÕES AO CIMENTO

Razões para o uso das adições

- **Técnicas**
 - **Melhoria de propriedades específicas**

- **Econômicas**
 - **Diminuição do consumo energético**

- **Ecológicas**
 - **Aproveitamento de resíduos poluidores e preservação das jazidas**

Realização



Apoio



ADIÇÕES AO CIMENTO

Razões para o uso das adições

- **A interação física e química com o cimento Portland modifica a reologia dos compósitos: concreto, argamassa e pasta, no estado fresco e confere propriedades especiais relacionadas à durabilidade e ao desempenho mecânico no estado endurecido:**
 - aumento da resistência à compressão e à flexão;
 - redução da porosidade e da permeabilidade;
 - aumento da resistência a sulfatos;
 - aumento à resistência à difusibilidade de íons cloreto;
 - mitigação da reação álcali-agregado;
 - redução da ocorrência de eflorescência.

MAIOR DURABILIDADE

Realização



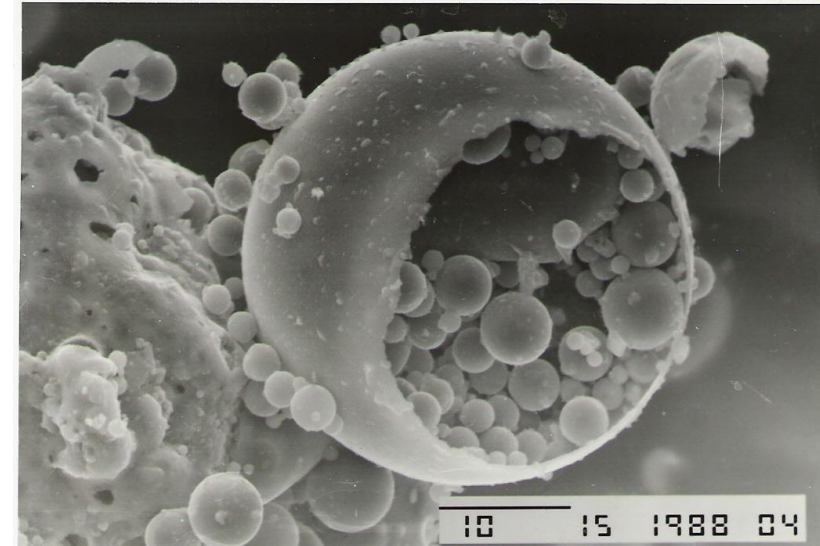
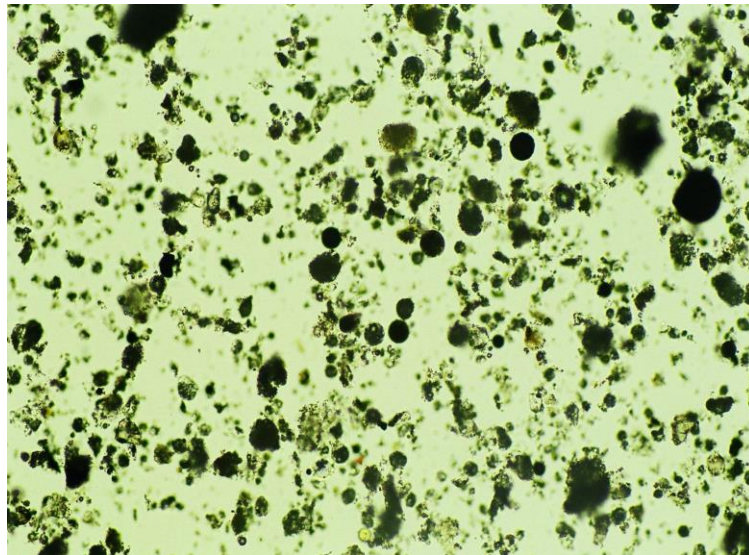
Apoio



ADIÇÕES AO CIMENTO

Cinza volante

- Subproduto da queima de carvão mineral
- Composição sílico-aluminosa
- Grãos arredondados, fase amorfa vítrea, superfícies lisas
- Dimensão variando de 0,5 a 200 μ m
- Adição ao cimento Portland 0 a 50%



Realização



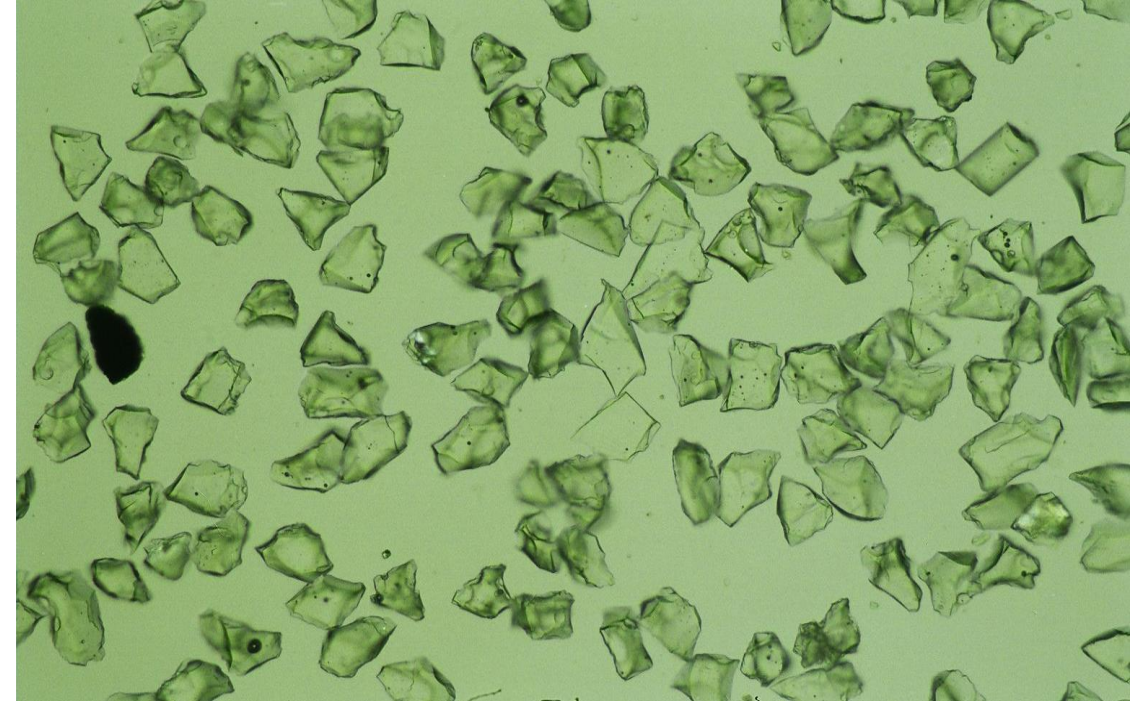
Apoio



ADIÇÕES AO CIMENTO

Escória de alto-forno

- Subproduto da fabricação do ferro gusa
- Composição aluminossilicatos cálcicos
- Grãos irregulares e vítreos (> 90%)
- Adição ao cimento Portland 0 a 75%



Realização



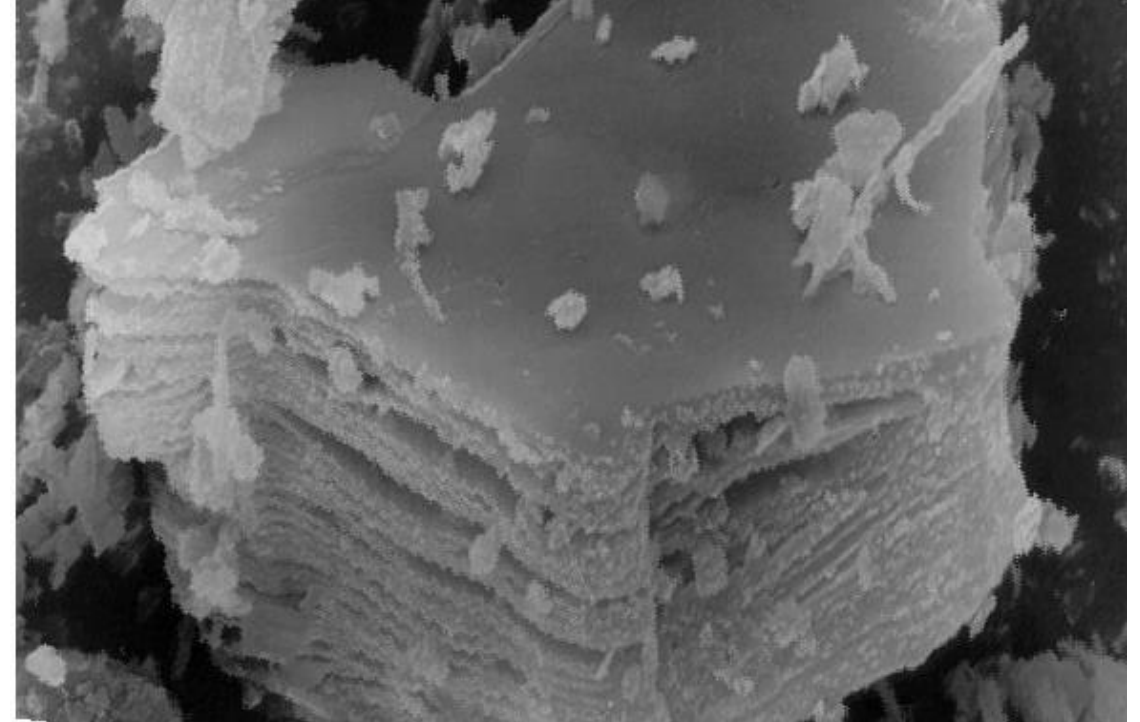
Apoio



ADIÇÕES AO CIMENTO

Argila calcinada

- Argila caulínica
- Ativação térmica 700°C a 800°C
- Caulinita → Metacaulinita
- Diâmetro < 2µm
- Adição ao cimento Portland 0 a 50%



Realização



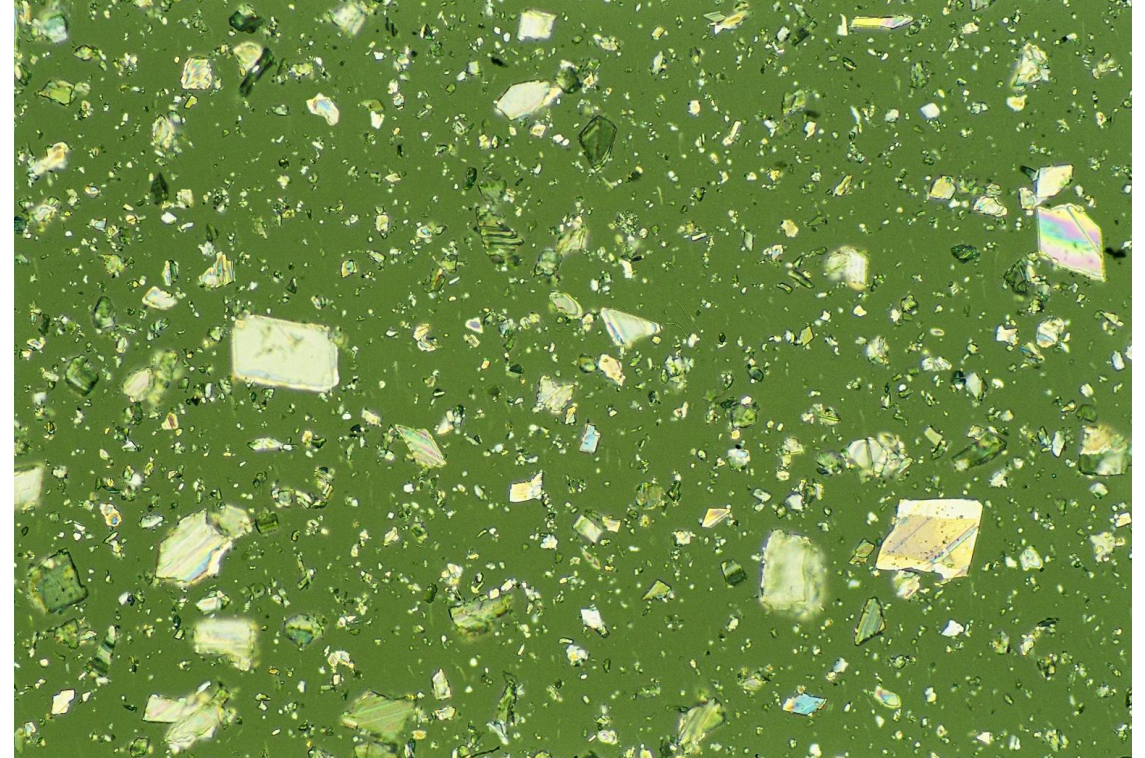
Apoio



ADIÇÕES AO CIMENTO

Fíler calcário

- Preservação de jazidas minerais
- Redução das emissões de CO₂
- Redução dos custos de produção
- Elevada área específica
- Preenche os espaços entre os grãos
- Adição ao cimento Portland 0 a 25%



Realização



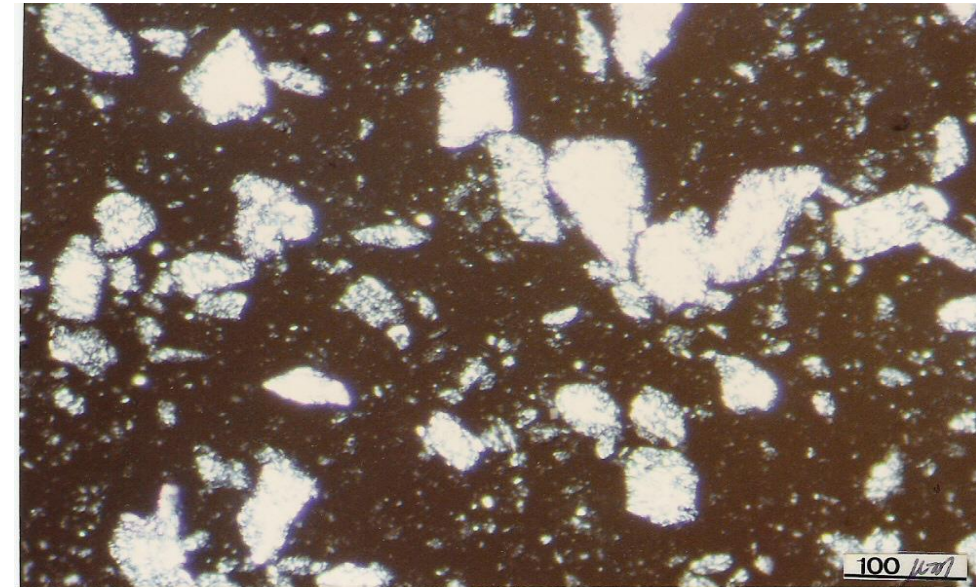
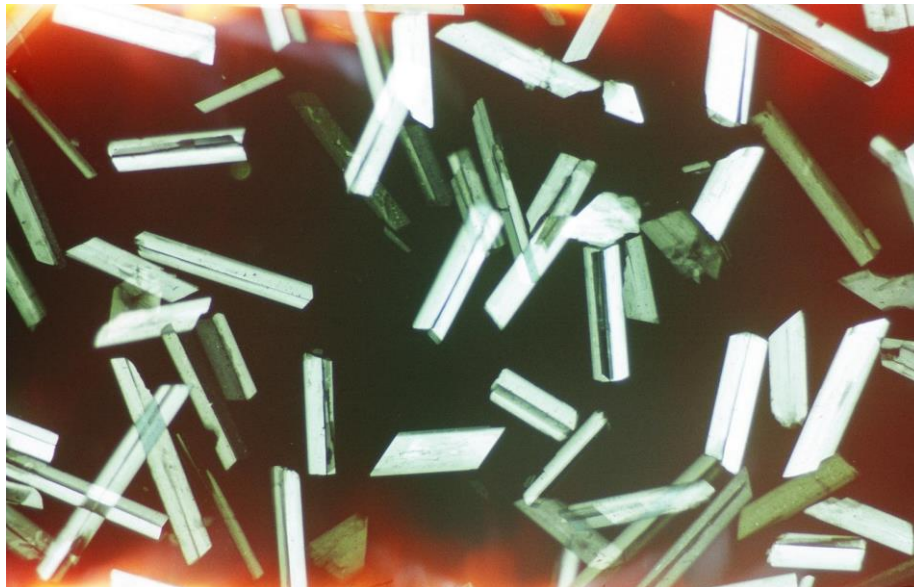
Apoio



ADIÇÕES AO CIMENTO

Sulfato de cálcio

- Gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); hemidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$)
- Natural ou artificial
- Depende dos teores de C_3A e álcalis e da finura do cimento
- Retarda a pega durante as reações de hidratação



Realização

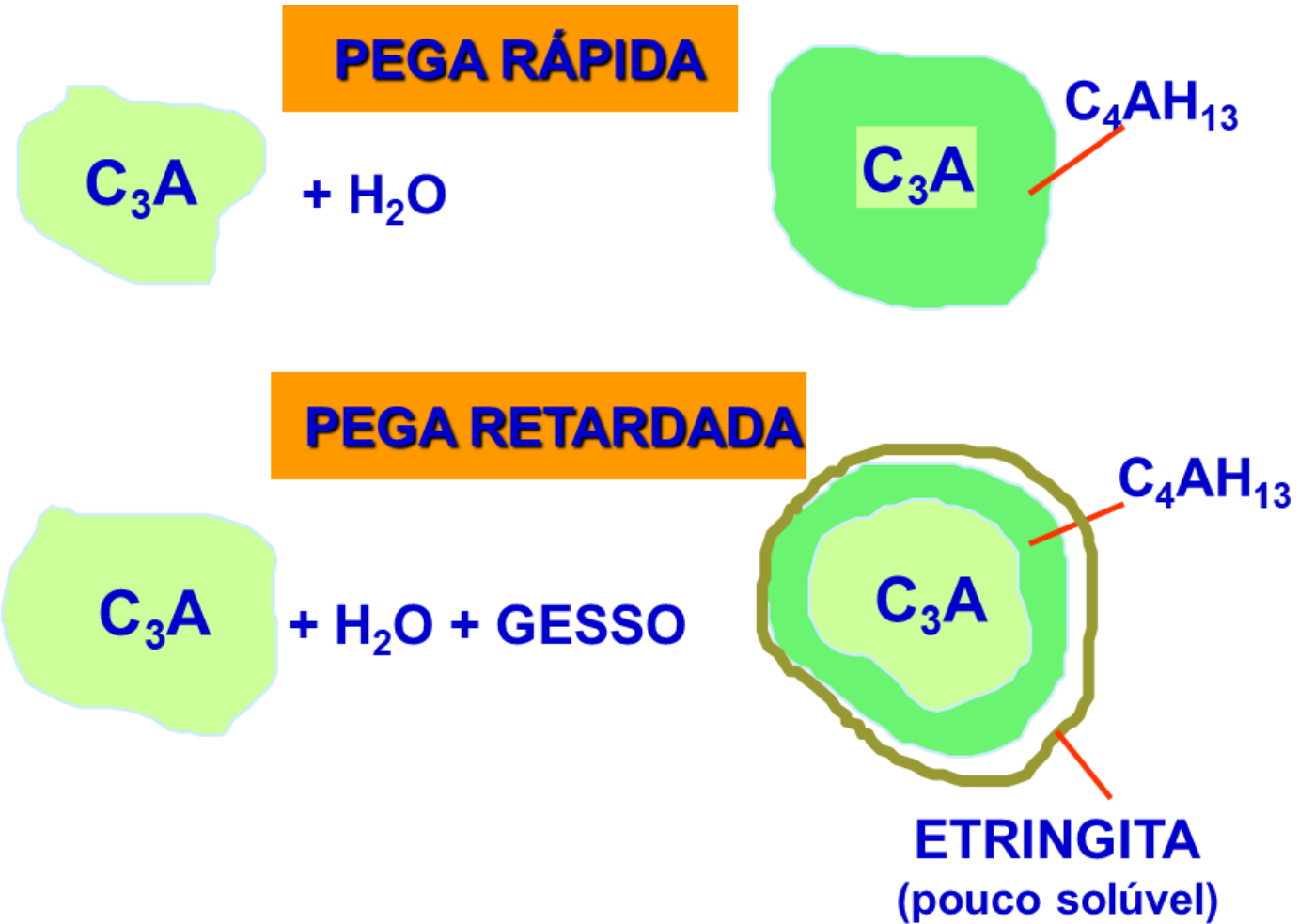
 Associação
Brasileira de
Cimento Portland

 SNIC
SINDICATO NACIONAL DA
INDÚSTRIA DO CIMENTO

Apoio

 CONCRETE SHOW
A FEIRA DO CIMENTO E CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO

ADIÇÕES AO CIMENTO



Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND

Requisitos químicos

ABNT NBR 16697:2018 - Cimento Portland - Requisitos

Requisitos químicos e determinações facultativas (% em massa)						
Sigla	Requisitos químicos				Determinações facultativas	
	Resíduo insolúvel	Perda ao fogo	MgO	SO ₃	Enxofre na forma de sulfeto (S)	Anidrido carbônico (CO ₂)
CP I	≤ 5,0	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 4,5	-	≤ 3,0
CP I-S	≤ 3,5	≤ 6,5	≤ 6,5	≤ 4,5	-	≤ 5,5
CP II-E	≤ 5,0	≤ 8,5	-	≤ 4,5	≤ 0,5	≤ 7,5
CP II-F	≤ 7,5	≤ 12,5	-	≤ 4,5	-	≤ 11,5
CP II-Z	≤ 18,5	≤ 8,5	-	≤ 4,5	-	≤ 7,5
CP III	≤ 5,0	≤ 6,5	-	≤ 4,5	≤ 1,0	≤ 5,5
CP IV	-	≤ 6,5	-	≤ 4,5	-	≤ 5,5
CP V	≤ 3,5	≤ 6,5	≤ 6,5	≤ 4,5	-	≤ 5,5

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND

Características química

Ensaio		CP II-F-32	CP II-Z-32	CP II-E-32	CP III-32	CP IV-32	CP V-ARI
Perda ao fogo	(PF)	4,92	4,97	4,70	2,38	3,09	2,89
Dióxido de silício total	(SiO ₂)	18,87	22,75	22,97	28,30	32,53	19,32
Óxido de alumínio	(Al ₂ O ₃)	4,42	6,20	6,37	9,20	10,10	4,67
Óxido de ferro	(Fe ₂ O ₃)	2,97	3,78	2,48	1,86	3,50	2,97
Óxido de cálcio total	(CaO)	61,20	54,24	56,62	50,18	42,78	61,49
Óxido de magnésio	(MgO)	3,23	3,36	3,22	4,75	3,61	3,78
Anidrido sulfúrico	(SO ₃)	2,75	2,76	2,14	1,71	2,62	3,20
Óxido de sódio	(Na ₂ O)	0,13	0,16	0,15	0,16	0,17	0,14
Óxido de potássio	(K ₂ O)	0,86	0,97	0,67	0,57	1,31	0,86
Enxofre	(S)	-	-	0,21	0,53	-	-
Anidrido carbônico	(CO ₂)	3,85	3,54	3,98	1,89	2,03	1,79
Resíduo insolúvel	(RI)	1,26	10,77	1,21	0,66	29,75	0,91
Óxido de cálcio livre	(CaOI)	1,57	1,51	1,25	0,85	1,19	1,77
Eq. alcalino em Na ₂ O (0,658xK ₂ O%+Na ₂ O%)		0,70	0,80	0,59	0,53	1,03	0,71

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND

Requisitos físicos e mecânicos

ABNT NBR 16697:2018 - Cimento Portland - Requisitos

Requisitos físicos e mecânicos e determinações facultativas(*)											
Sigla	Classe	Finura	Tempos de pega (min)		Expansibilidade (mm)		Resistência à compressão (MPa)				
		Resíduo peneira 75 µm (%)	Início	Fim (*)	A quente	A frio (*)	1 dia	3 dias	7 dias	28 dias	91 dias (*)
CP I CP I-S CP II-E	32	≤ 12,0	≥ 60	≤ 600	≤ 5	≤ 5	-	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	-
CP II-F CP II-Z	40	≤ 10,0	≥ 60	≤ 600	≤ 5	≤ 5	-	≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 40,0	-
CP III CP IV	32	≤ 8,0	≥ 60	≤ 720	≤ 5	≤ 5	-	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	≥ 40,0
	40	≤ 8,0	≥ 60	≤ 720	≤ 5	≤ 5	-	≥ 12,0	≥ 23,0	≥ 40,0	≥ 48,0
CP V	ARI	≤ 6,0	≥ 60	≤ 600	≤ 5	≤ 5	≥ 14,0	≥ 24,0	≥ 34,0	-	-

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND

Características físico-mecânicas

Ensaio	CP II-F-32	CP II-Z-32	CP II-E-32	CP III-32	CP IV-32	CP V-ARI	
Finura – resíduo 75µm (%)	2,3	1,5	2,0	1,1	0,8	0,1	
Massa específica (g/cm ³)	3,09	3,03	3,01	2,96	2,83	3,11	
Área específica (cm ² /g)	3720	4365	3830	3630	4560	4610	
Água de consistência normal (%)	26,4	28,4	27,3	29,5	31,8	29,8	
Início de pega (h:min)	2:50	3:00	3:00	3:10	3:30	2:20	
Fim de pega (h:min)	4:00	4:10	4:20	5:30	4:50	3:30	
Expansansib. Le Chatelier (mm)	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
Resistência à compressão (MPa)	3 dias	24,5	22,6	20,3	16,2	20,4	34,1
	7 dias	29,9	28,7	28,3	26,5	26,5	40,3
	28 dias	37,4	37,3	38,9	40,1	37,2	48,1

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND

Cimento de baixo calor de hidratação

Cimento de baixo calor de hidratação - Requisitos			
Normas	Tempo (horas)	Calor de hidratação (J/g)	Classificação do cimento
ABNT NBR 16697:2018 Cimento Portland Requisitos	41	≤ 270	baixo calor de hidratação
Norma Européia EN 197-3	41	< 220	muito baixo calor de hidratação
	41	< 270	baixo calor de hidratação
	41	< 320	moderado calor de hidratação

Tipo de Cimento	Calor de Hidratação (J/g)				
	24h	41h	72h	120h	168h
CP II-F-32	260	276	278	281	283
CP II-Z-32	240	262	273	282	288
CP II-E-32	242	276	286	292	297
CP III-32	156	207	232	245	252
CP III-40	216	266	282	291	297
CP IV-32	209	230	236	241	244
CP V-ARI	334	355	361	363	361

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND

Cimentos resistentes a sulfatos

- **Identificação**
 - **Acréscimo do sufixo RS ao tipo original**
- **Exigência**
 - **Apresentar expansão menor ou igual a 0,03%, aos 56 dias pelo método ABNT NBR 13583**

Realização

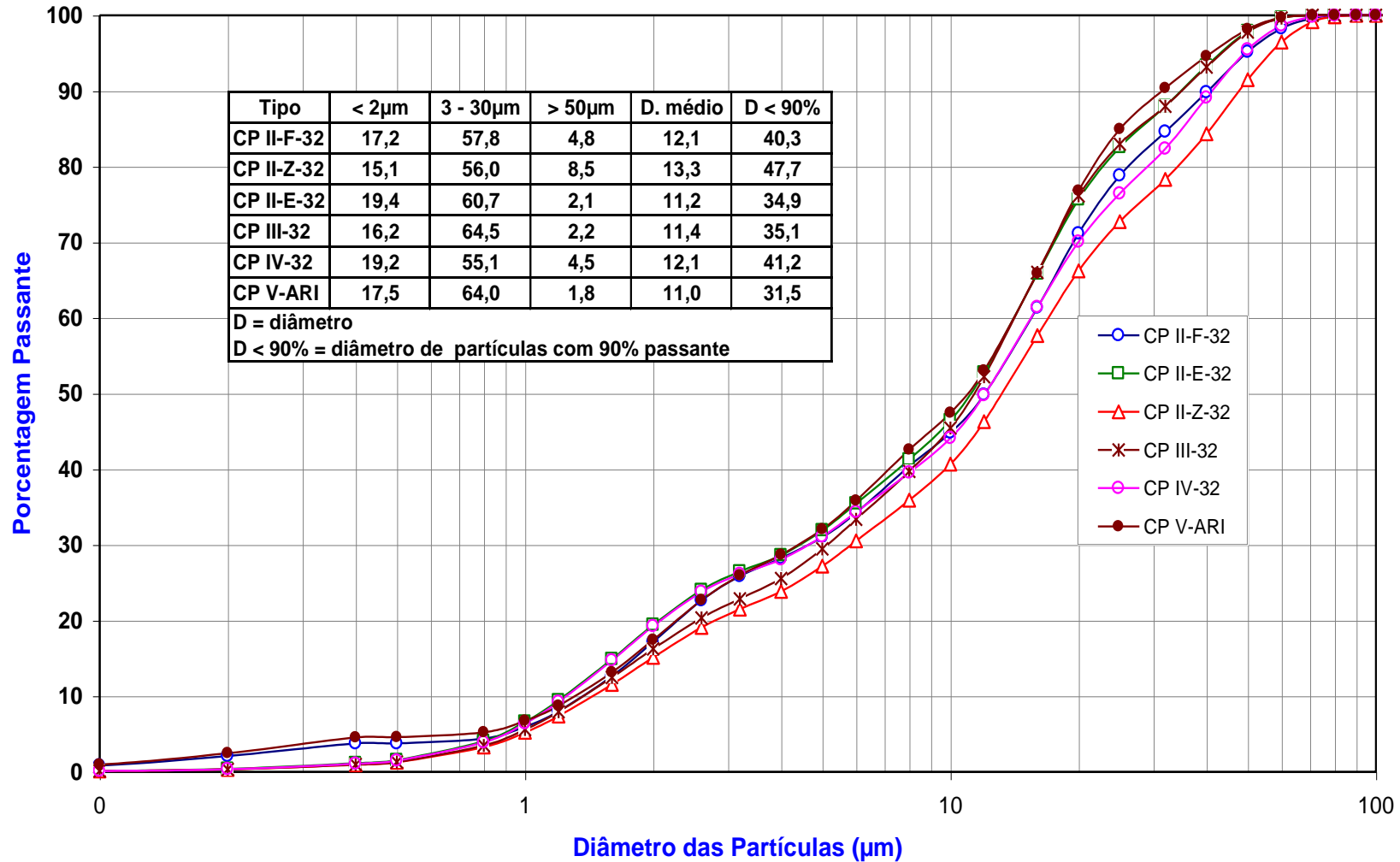


Apoio



CIMENTO PORTLAND

Distribuição Granulométrica



CIMENTO PORTLAND

Características dos cimentos

Tipo de cimento	Resultados de Resistência à Compressão, em MPa, em função da Idade (dias)							
	1	3	7	28	63	91	180	360
CP II-E-32	9,6	21,7	29,5	40,4	44,8	50,2	54,1	54,2
CP II-F-32	13,2	25,9	31,6	39,1	42,8	45,3	48,0	50,3
CP II-E-40	-	28,2	36,7	47,7	50,5	55,6	59,1	-
CP II-Z-32	12,4	24,4	30,5	38,9	41,3	43,2	47,3	49,4
CP III-32	6,7	16,7	27,3	42,0	48,9	51,6	55,8	56,6
CP III-40	10,5	21,9	33,6	48,7	54,1	56,6	60,8	60,9
CP IV-32	12,2	21,8	28,7	40,0	43,3	45,7	50,5	52,9
CP V-ARI	24,7	37,5	43,0	50,3	52,6	55,4	57,8	59,1
CP V-ARI RS	19,8	33,6	40,5	50,2	53,5	56,6	58,2	63,1

Os cimentos brasileiros ultrapassam expressivamente as exigências mínimas das normas técnicas

Fonte: Controle do Selo de Qualidade ABCP – Resistência à compressão em MPa

CIMENTO PORTLAND

Evolução porcentual da resistência dos cimentos (r 28 =100)

Tipo de cimento	Resistência à Compressão, em %, em função dos resultados aos 28 dias (dias)							
	1	3	7	28	63	91	180	360
CP II-E-32	24	54	73	100	111	124	134	134
CP II-F-32	34	66	81	100	109	116	123	129
CP II-E-40	-	59	77	100	106	117	124	-
CP II-Z-32	32	63	78	100	106	111	122	127
CP III-32	16	40	65	100	116	123	133	135
CP III-40	21	45	69	100	111	116	125	125
CP IV-32	30	54	72	100	108	114	126	132
CP V-ARI	49	75	85	100	105	110	115	118
CP V-ARI RS	39	67	81	100	107	113	116	126

Fonte: Controle do Selo de Qualidade ABCP – Resistência à compressão em MPa

CIMENTO PORTLAND

Ensaio físicos



Resíduo em peneira

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND

Ensaio físicos



Massa específica

Realização

 Associação Brasileira de Cimento Portland

 SNIC
SINDICATO NACIONAL DA
INDÚSTRIA DO CIMENTO

Apoio

 CONCRETE SHOW
A FEIRA DO CIMENTO E CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO

CIMENTO PORTLAND

Ensaio físicos



Área específica (Blaine)

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND

Ensaio físicos



Tempo de Pega

Realização

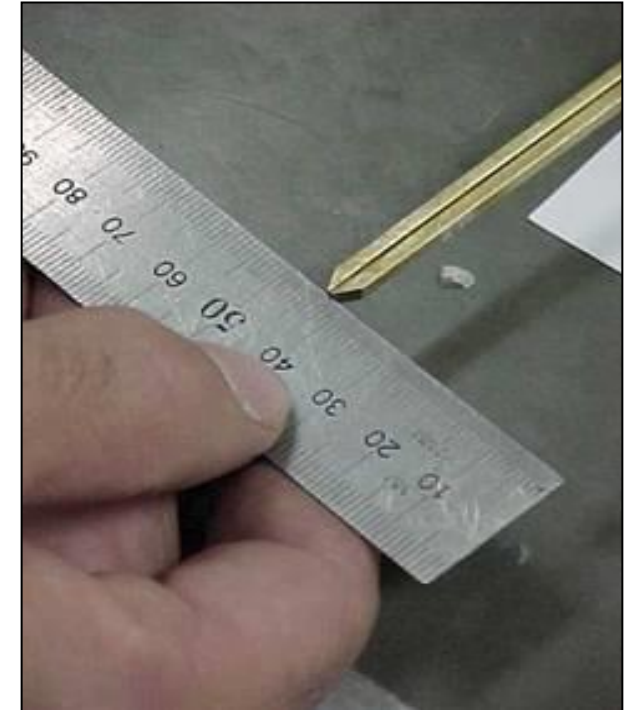


Apoio



CIMENTO PORTLAND

Ensaio físicos



Expansibilidade Le Chatelier

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND

Ensaio físicos



Resistência à compressão

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND

Aplicações

- **Todos os tipos de cimento são adequados a todos os tipos de estruturas e aplicações.**
- **Existem tipos de cimento que são mais recomendáveis ou vantajosos para determinadas aplicações.**

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND

Enfatizando o uso vantajoso do **CP III** e **CP IV**

- **Obras de concreto-massa como barragens e peças de grandes dimensões, fundações de máquinas, pilares etc.**
- **Obras em contato com ambientes agressivos por sulfatos, terrenos salinos etc.**
- **Tubos e canaletas para condução de líquidos agressivos, esgotos ou efluentes industriais.**
- **Concretos com agregados reativos;**
- **Pilares de pontes ou obras submersas em contato com águas correntes puras;**
- **Obras em zonas costeiras ou em água do mar**
- **Pavimentação de estradas e pistas de aeroportos etc.**

Realização



Apoio



CIMENTO PORTLAND

Enfatizando o uso vantajoso do **CP V-ARI**

- Onde o requisito de elevada resistência às primeiras idades é fundamental;
- Na indústria de pré-fabricados;
- Aplicação da protensão;
- Concreto projetado;
- Pisos industriais;
- Obras em climas de baixa temperatura.
 - Precauções → Retração e fissuração térmica

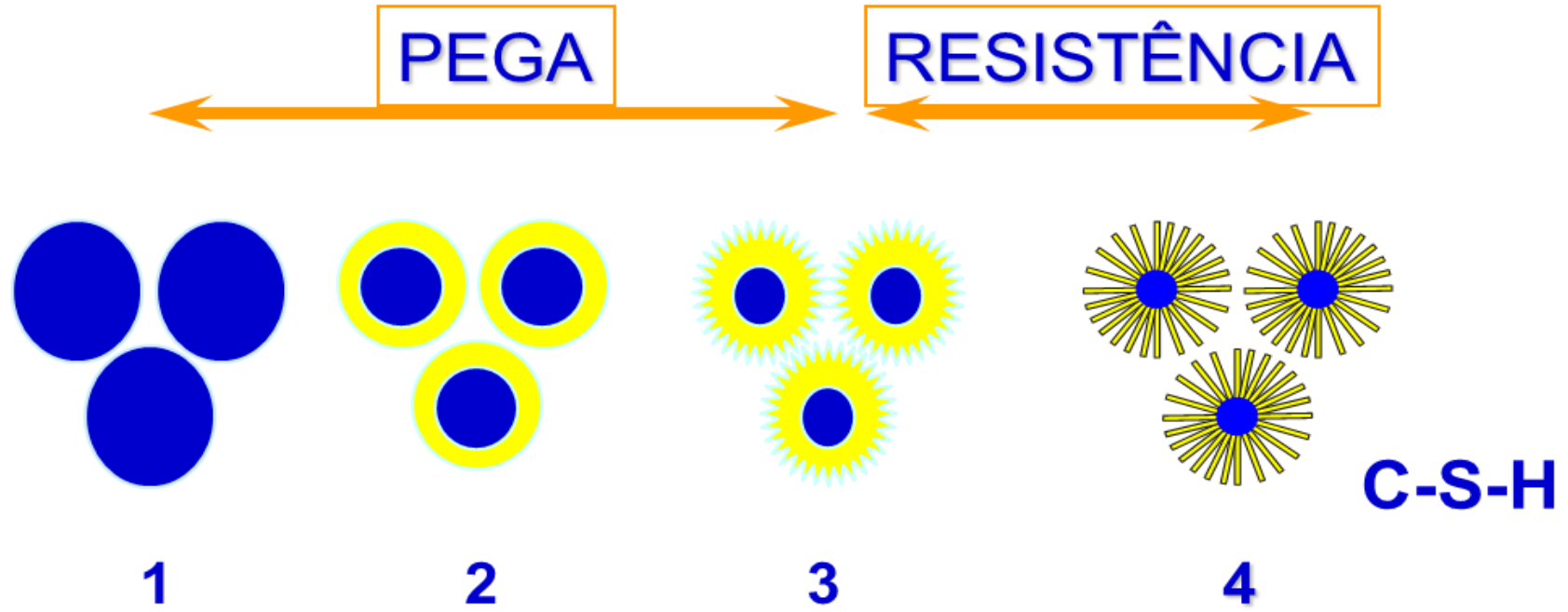
Realização



Apoio



HIDRATAÇÃO



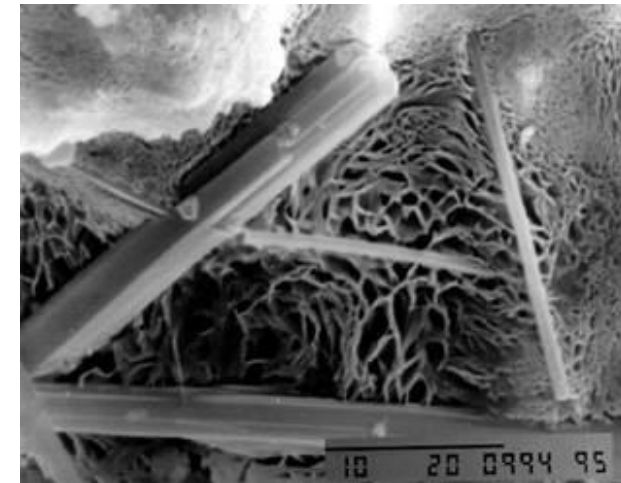
CIMENTO + H₂O

HIDRATAÇÃO

ÁGUA + CIMENTO = Dissolução e formação de novas fases hidratadas



O tempo aumenta o entrelaçamento dos cristais, aumentando a resistência mecânica



Realização

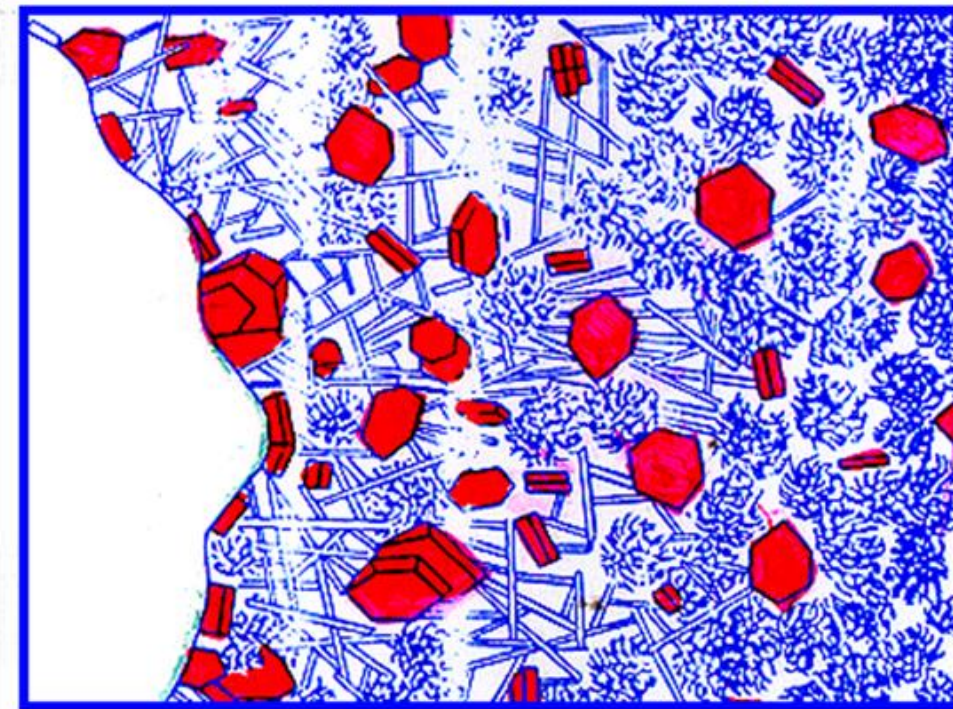


Apoio



HIDRATAÇÃO

CIMENTO + ÁGUA → DISSOLUÇÃO → FASES HIDRATADAS



C-S-H



CH



C.A.S.H
(Etringita)



↓

Entrelaçamento dos cristais

↓

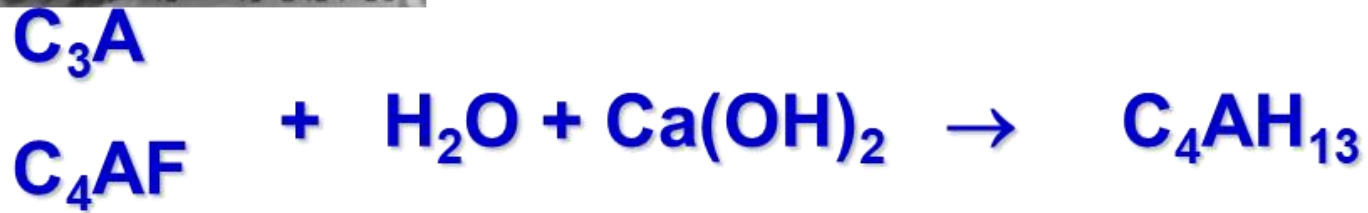
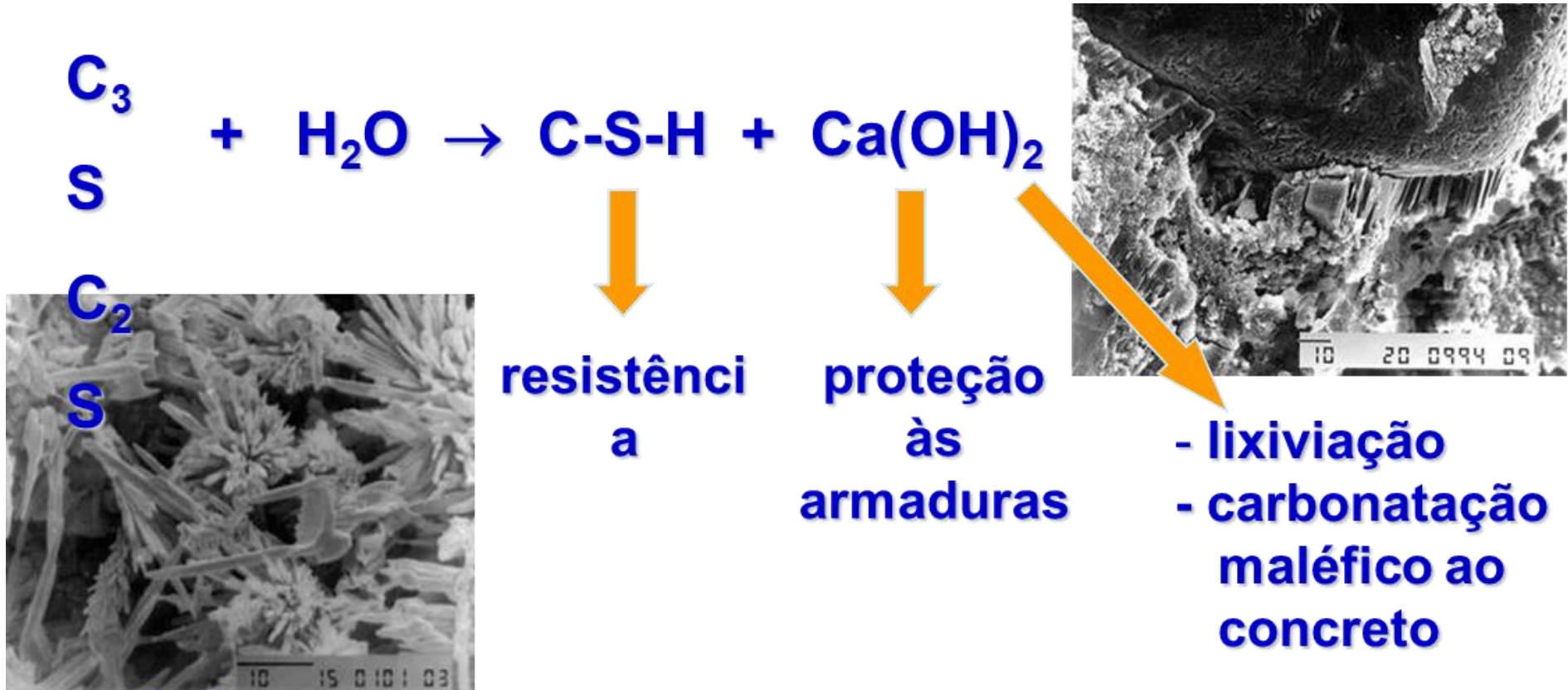
Resistência mecânica

Agregado E

Zona de transição

Matriz de pasta de cimento

HIDRATAÇÃO



SILO DE CIMENTO



Silos de estocagem de cimento

Realização



Apoio



EXPEDIÇÃO



O produto é estocado nos silos de cimento e expedido em sacos ou a granel

Realização



Apoio



OBRIGADO!

flavio.munhoz@abcp.org.br

