



**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS**



DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE REVESTIMENTO PARA ISOLAMENTO FÍSICO – QUÍMICO

ALUNO : JOÃO ALTENIR LOPES

Orientador: PROF. Dr. BRUNO CHABOLI GAMBARATO



**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS**



Gratidão e Agradecimento:

- A Deus pela natureza, vida, saúde, força, apoio e esperança.
- A minha esposa e filha, pela compreensão. Apoio, incentivo e dedicação nos períodos difíceis, incertezas e ausências dedicados ao desenvolvimento do trabalho.
- Aos Mestres e Doutores que aqui estão e em especial ao Mestre Emílio Acciarito.
- Aos professores do MEMAT, aos colegas de curso e aos colaboradores do Centro Universitário Oswaldo Aranha, FOA, por toda ajuda e disposição no período do curso e no desenvolvimento dos trabalhos.
- A secretária Sra. Ana Maria Oliveira Carvalho por todo apoio durante o período do curso.



Introdução:

O Brasil produziu em 2020, 31 milhões de toneladas de aço bruto, a previsão de produção para o ano 2021 é de 35.8 milhões de toneladas de aço bruto, produzido em 31 usinas.

As principais rotas de produção primária no mundo são:

- Alto-forno mais Aciaria LD: 66%
- Alto-forno mais Forno de Soleira Aberta (forno Siemens-Martin): 3%
- Redução direta (DR) mais Forno Elétrico à Arco (EAF): 6%
- Forno Elétrico à Arco com base em sucata (EAF): 25%



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS



No processo Metalúrgico/Siderúrgico são gerados diversos subprodutos, coprodutos com geração superior ao produto principal, para fabricação de uma tonelada de aço no Brasil 60 % (sessenta) em média são resíduos, deste total a metade são escórias de Alto Forno e de Aciaria que são utilizadas como proteção do revestimento refratário, isolante e retenção de impurezas para o aço, na ocorrência de acúmulo excessivos nos equipamentos de refino, remoção e manipulação, *podem se tornar problema*, gerando perdas no processo de produção.

Devido as altas capacidade de produção de ferro gusa e refino dos conversores, todos os esforços para redução de perdas são justificados, com ganho de produtividade, aumento de vida dos equipamentos, redução de paradas, todos tem retorno financeiro.

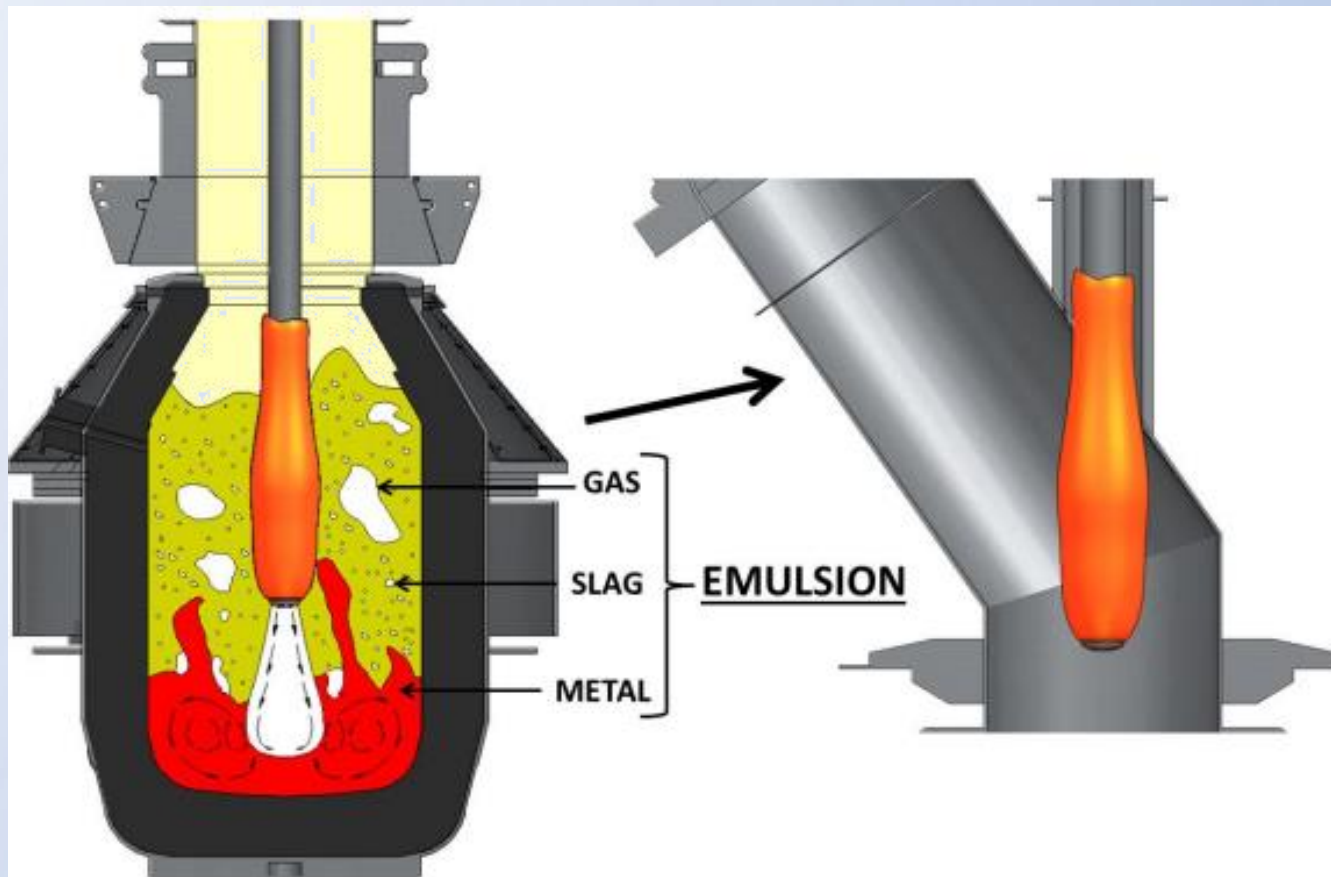


Formação do cascão de lança:

Cascão (mistura de escória e aço) e sua aderência é inerente as condições desses processos, com maior ou menor incidência em função de:

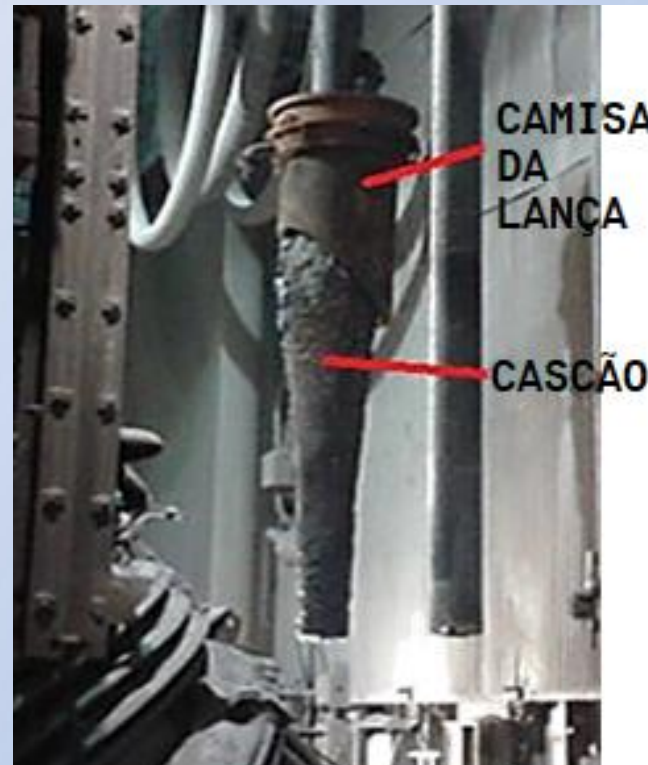
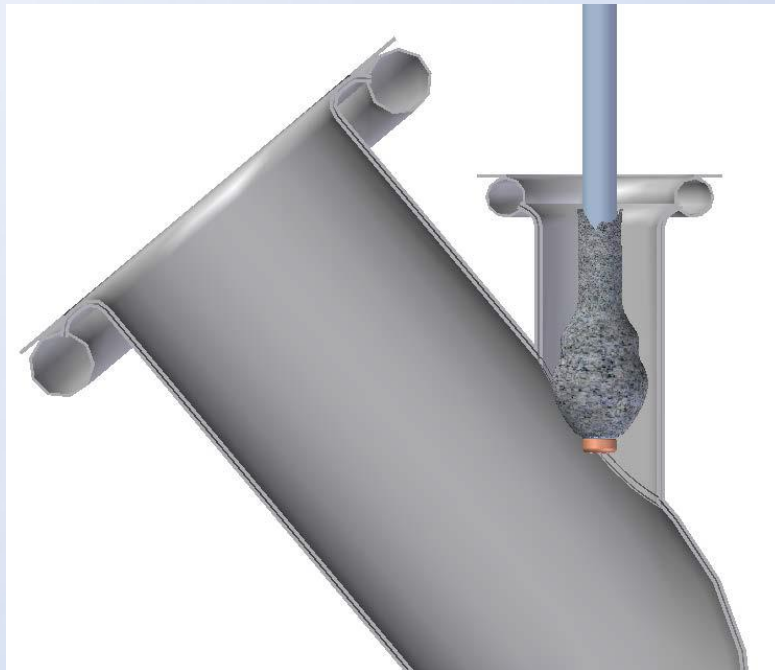
- Composição química do gusa líquido (Si);
- Adições de sucata (qualidade);
- Viscosidade da escória;
- Altura de lança em relação ao banho;
- Pressão e vazão do gás injetado;
- Desgaste dos furos da cabeça das lanças,

Ilustração da formação da emulsão e do crânio na lança.



Fonte – SATO - 2017

Ilustração de um cascão típico aderido em lança convencional (Skull Formation).



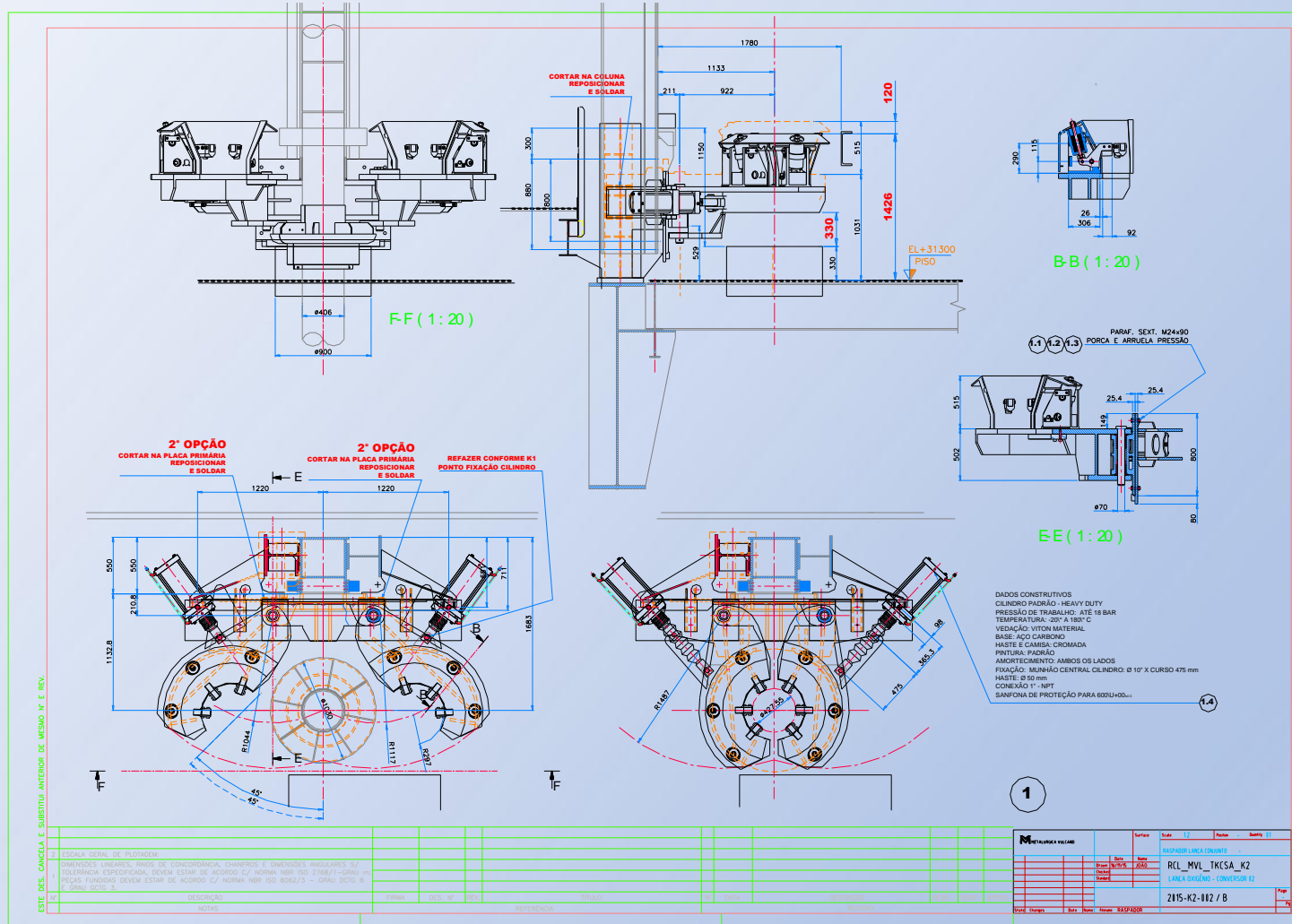
Fonte - ABM WEEK 2015.

Raspador de Lança de Oxigênio Conversor LD – Ternium K1 & K2.



Raspador de Lança de Oxigênio Conversor LD - CSN:







Objetivo:

Com o objetivo de minimizar estas ocorrências, não somente no processo de fabricação do aço, mas também em toda cadeia produtiva das ligas metálicas e ligas metálicas não-ferrosas, além da utilização de subprodutos, coprodutos, no desenvolvimento de uma Tinta (Coating, Desmoldante, Revestimento isolante) que impeça/reduza a aderência do Splash (Emulsão Gás-escória-metal) as superfícies metálicas, muito comum no processo Metalúrgico de produção do Ferro gusa, Ferro Fundido, Aço e na fabricação de diversas ligas; tinta:

- Baixa espessura de camada;
- Craqueláveis (colapsável), quebradiço a alta temperatura;
- Utilização dos subprodutos ou coprodutos, escória granulada e pó de magnésio.

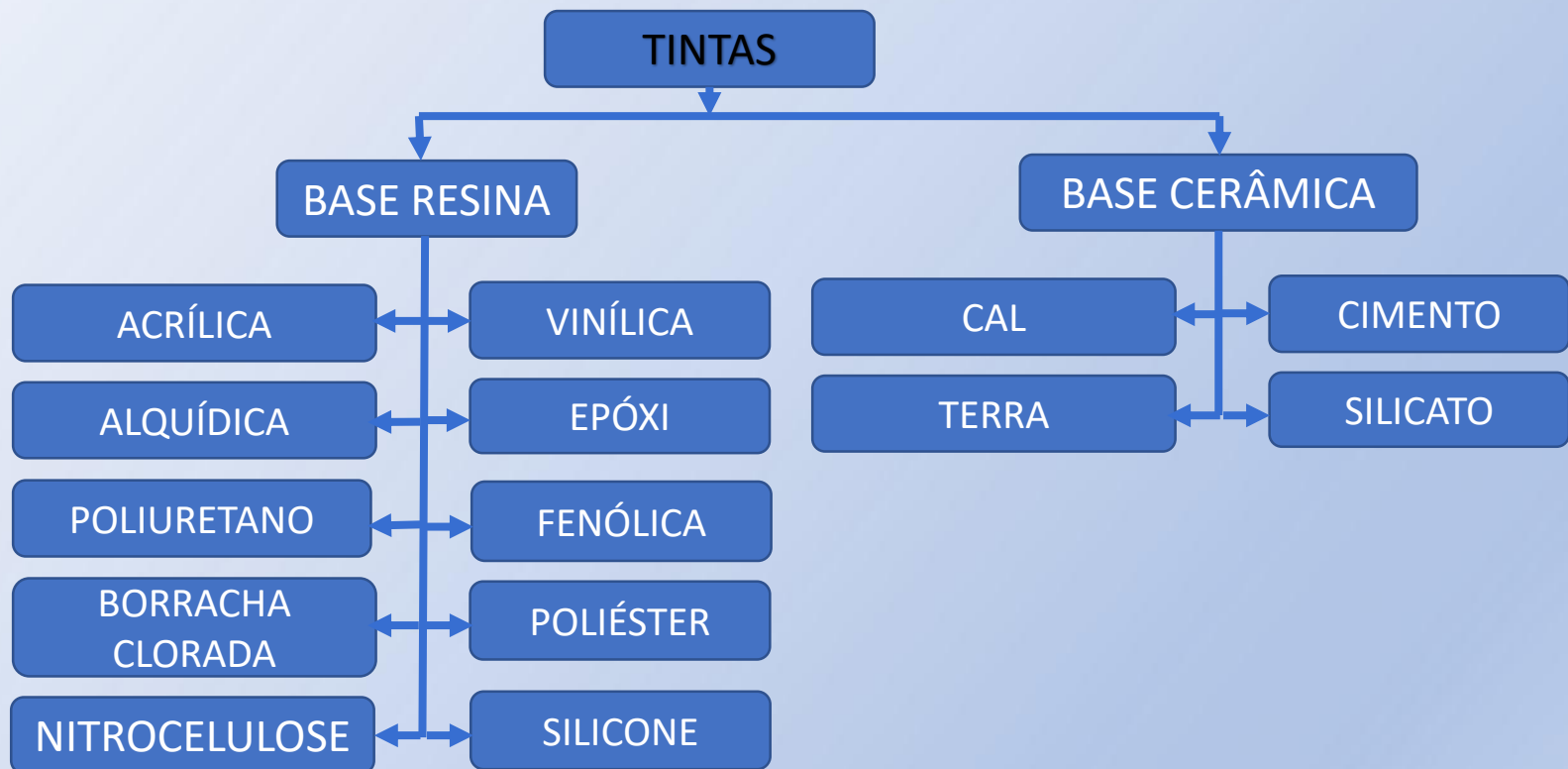
Coprodutos: Pó de Magnésio Utilizado na produção de Ferro Dúctil Nodular



Coprodutos: Escória Granulada
Coproduto gerado na fabricação do Ferro Gusa e refino de do Aço



Tipos de Tintas:



Fonte - ANGHINETTI, I. C. B - 2012



Constituintes das Tintas:

➤ Pigmento:

Os pigmentos são substâncias sólidas, que contém partículas entre 0,05 μm e 5 μm , não voláteis e insolúveis (com exceção do corante). Tem a finalidade de promover cor, opacidade, consistência, durabilidade e resistência à tinta.

➤ Resina:

Resina, conhecida como ligante ou aglutinante, ou também chamada de veículo sólido, parte não-volátil, que adere às partículas dos pigmentos, formando uma película íntegra, no sentido de retardar, acelerar e até inibir essas reações.

➤ Solvente:

O solvente é um veículo volátil, de baixo ponto de ebulição, incolor e neutro, e capaz de solubilizar as resinas, formando mistura homogênea e melhorando sua viscosidade, a fim de facilitar a aplicabilidade das tintas e aumentar a aderência ao substrato.

➤ Aditivos:

Os aditivos são componentes incorporados às tintas, normalmente em proporções menores que 5%, conferem-lhe importantes propriedades baseada em suas funções, Catalisadores; Antipeles; Espessantes; Antiescorrimento; Surfactantes; Secantes....

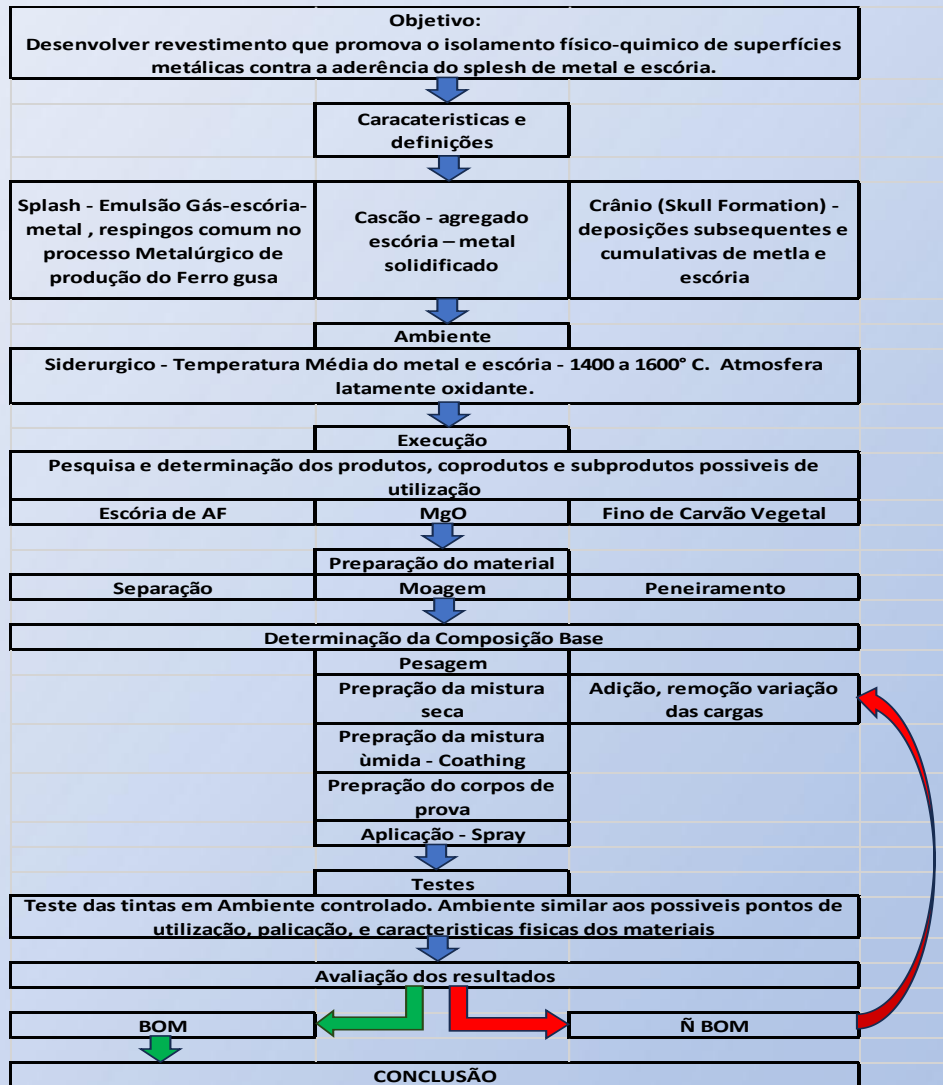
ANGHINETTI, I. C. B - 2012

Constituintes da Tinta (Coating):



ANGHINETTI, I. C. B - 2012

Fluxograma processo



Fonte – Própria

Formulação
composto Base
Mistura de 1 à 10.

Misturas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Composição (%)									
Água	78,0	50,0	50,0	50,0	77,0	68,0	64,0	60,0	56,0	52,0
Bentonita Calcinada	3,0		3,0	3,0						
Diatomita	19,0		10,0	10,0	8,0	14,0	13,0	10,0	9,0	25,0
MgO		5,0	3,0	3,0	15,0	4,0	4,0	3,0	3,0	5,0
Escória		5,0	4,0	4,0			6,0	4,0	3,0	5,0
Vermiculita		40,0	30,0	30,0		14,0	13,0	20,0	17,0	6,0
Cimento Aluminoso										
Caulin										
Bentonita										
Resina Alquídica								3,0	12,0	
Acetato de polivinila										7,0
Silicato de Sódio										
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Peso total Mistura seca (g)	500	500	500	501	325	365	390	500	287,6	485



Resultados preliminares:

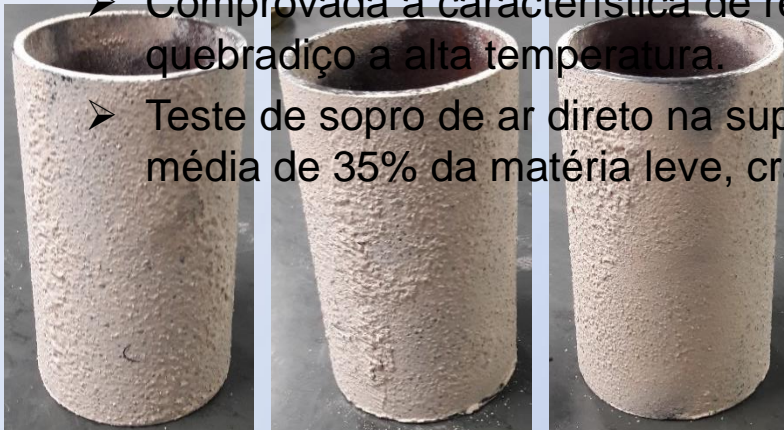
- As quatro primeiras amostras devido a forma de mistura, manual, sequência de adição dos materiais e aglomeração; houve a formação de grumos gelatinosos devido a sequência de adição – água – carga mineral – óxido de magnésio (MgO).
 - Esta sequência de adição gerou viscosidade variada.
 - A carga mineral sedimentou, não havendo homogeneidade na mistura.
 - Na aplicação ocorreu o entupimento da pistola de pintura.
- Estes fatores inviabilizaram o aproveitamento das quatro primeiras misturas.
- As misturas de 05 a 10, após a mudança no processo de mistura com preparação manual das misturas a seco e posterior adição gradual de água houve estabilidade, não correndo a formação de grumos.

Resultados preliminares amostras de 5 a 10:

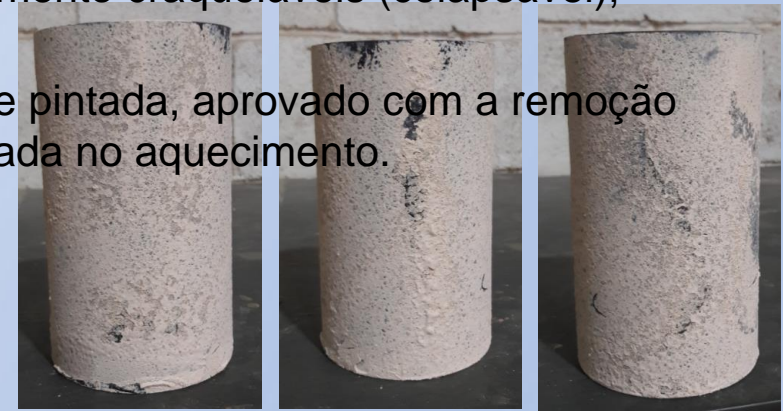
- Aplicação manual por pistola de pintura pneumática;
- Quantidade de tinta produzida – média de 350g por mistura;
- Espessura de camada $\approx 0,1$ mm;
- Boa cobertura e fixação;

- Expansão térmica da Vermiculita, correu conforme previsto.
- Comprovada a característica de revestimento craqueláveis (colapsável), quebradiço a alta temperatura.

- Teste de sopro de ar direto na superfície pintada, aprovado com a remoção média de 35% da matéria leve, craquelada no aquecimento.



Amostras Prontas - Secas



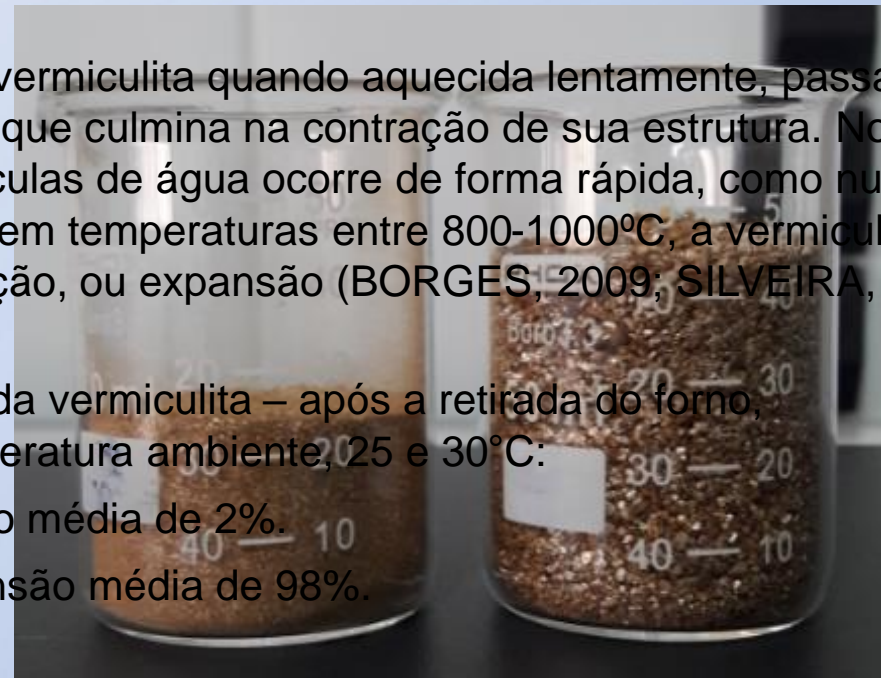
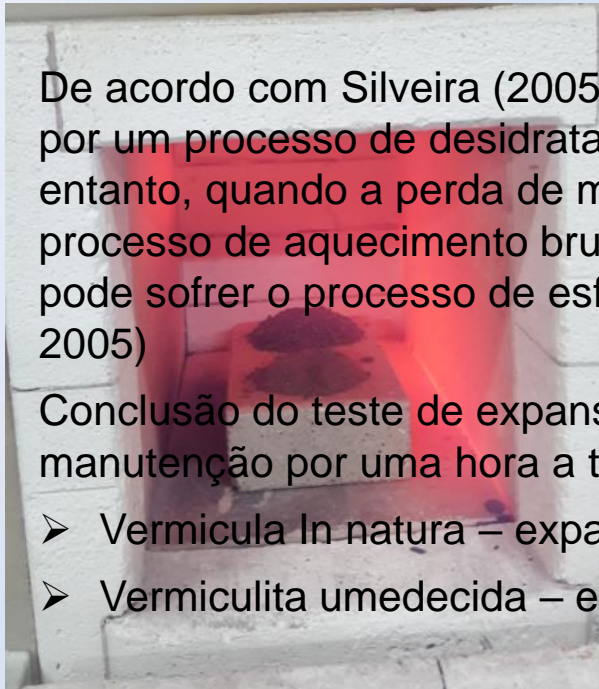
Teste de sopro de Ar direto na superfície pintada
Bico de Ar comprimido Pressão – 5 Bar.

Teste expansão da Vermiculita

De acordo com Silveira (2005), a vermiculita quando aquecida lentamente, passa por um processo de desidratação que culmina na contração de sua estrutura. No entanto, quando a perda de moléculas de água ocorre de forma rápida, como num processo de aquecimento brusco em temperaturas entre 800-1000°C, a vermiculita pode sofrer o processo de esfoliação, ou expansão (BORGES, 2009; SILVEIRA, 2005)

Conclusão do teste de expansão da vermiculita – após a retirada do forno, manutenção por uma hora a temperatura ambiente, 25 e 30°C:

- Vermiculita In natura – expansão média de 2%.
- Vermiculita umedecida – expansão média de 98%.





FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS



Estabilização do
composto Base
Mistura de 11 à 18.

Misturas	11	12	13	14	15	16	17	18
	Composição (%)							
Água	48,0	48,0	48,0	48,0	51,0	51,0	51,0	51,0
Diatomita	19,0	19,0	19,0	19,0	20,0	20,0	31,0	20,0
MgO	5,0	1,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Escória	7,0	15,0	15,0	15,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Vermiculita	7,0	7,0	7,0	7,0	13,0	13,0		
Cimento Aluminoso	5,0	5,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0%	1,0
Caulin								13,0
Bentonita								
Resina Alquídica								
Acetato de Polivinila	10,0							
Silicato de Sódio		5,0	5,0	5,0				
Total	101%	100%	100%	100%	101%	101%	99%	101%
Massa seca (g)	315	315	315	315	566,2	283,1	283,1	283,1

Resultados preliminares amostras de 11 a 18:

- Mistura 11 – a aplicação de material durante o processo de remoção do acetato, criando bolhas, grumos e irregularidades na aplicação.



- A mistura tem uma espessura de camada final adequada para aplicação por pistola e pincel, boa aderência e boa aplicação. Equipamentos de aplicação da tinta.



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS



Amostras
19 à 32

Misturas	19	20	21	22-27	28	29	30	31	32
	Composição (%)								
Água	57,0	57,4	64,0	64,0	64,0	64,0	69,0	70,0	70,0
Diatomita	17,0	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	14,0	14,5	14,5
MgO	4,0	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	5,0	4,0	4,0
Escória	9,0	8,7	5,7	5,7	5,7	5,7	4,5	4,5	4,5
Vermiculita	9,0	7,0	5,7	5,7	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Cimento Aluminoso		1,0							
Caulin	-		-	-	-	-	-	-	-
Bentonita	4,0	4,0	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,0	2,0
Resina Alquídica									
Acetato de Polivinila									
Silicato de Sódio									
Total	100	100	100	100	99	99	100	100	100
Massa seca (g)	1322	1252	106	600	600	600	610	600	600

Amostras 22 a 32 foram executadas no laboratório da SGC:





Testes de campo

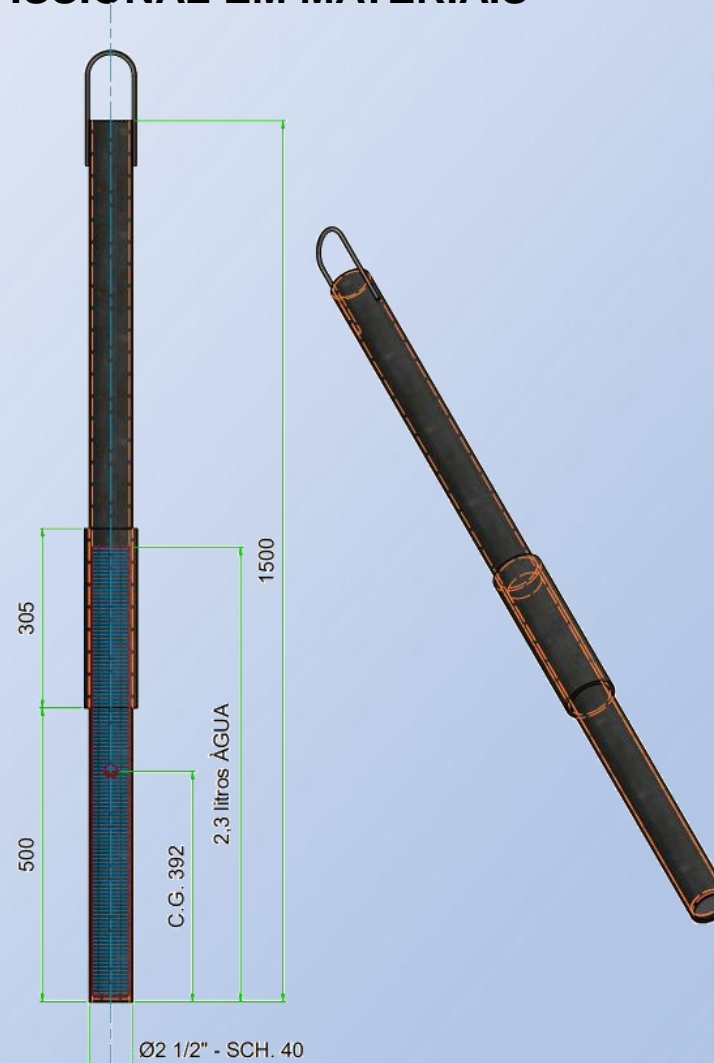
Primeiro teste

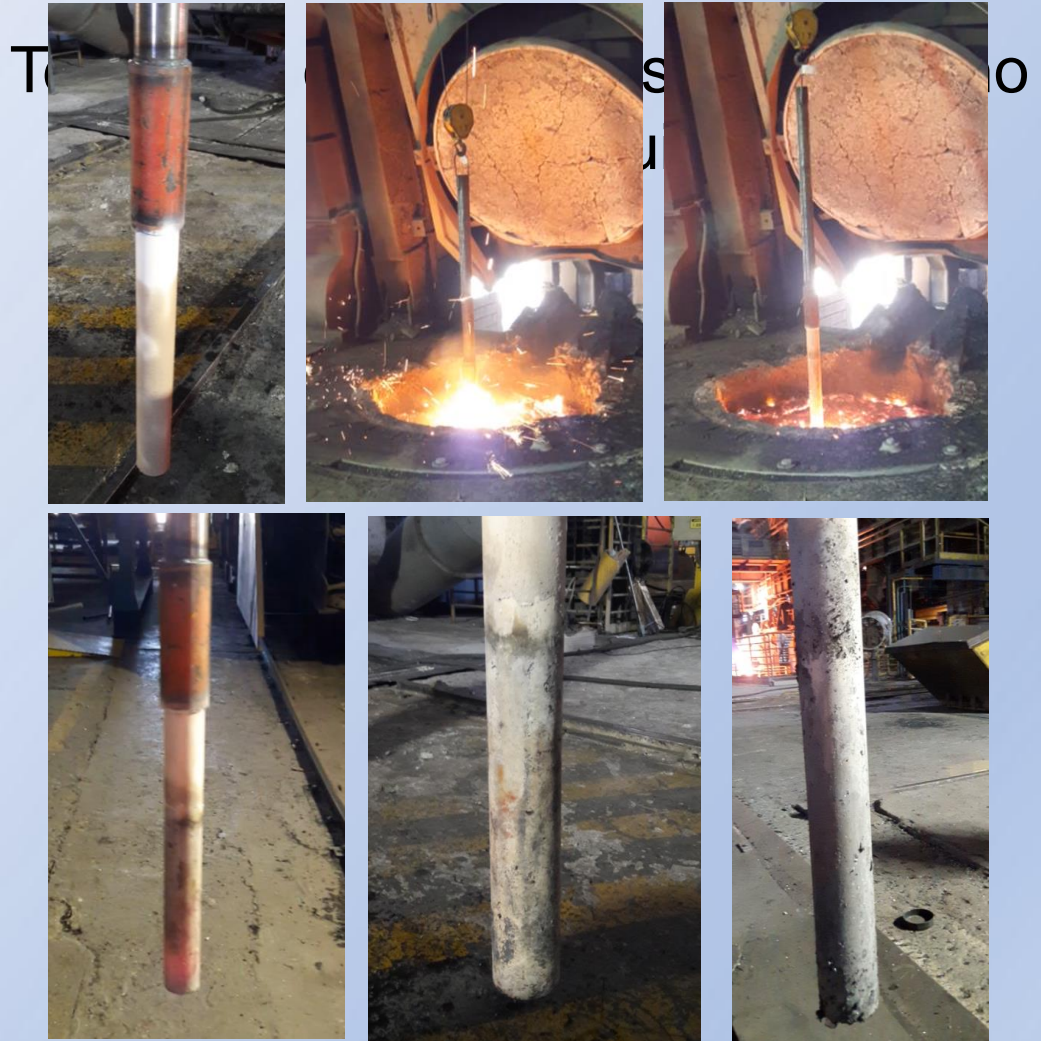
O primeiro teste de campo, possível, ocorreu nas dependências da SGC em Barra Mansa no mês de maio de 2020, teste de imersão no banho de gusa líquido com o objetivo de avaliar:

- Resistência mecânica ao cisalhamento, arrancamento por arraste e choque térmico;
- Refratáriedade da tinta;
- Adesão do metal líquido a barra de teste;
- Choque térmico – elevação instantânea da temperatura de 32 °C para $\approx 1400^{\circ}\text{C}$.

Para o teste foi confeccionado um corpo de prova para a imersão no banho de metla líquido, tubo de aço ASTM A-53, Schedule 40 (espessura 5,16mm), diâmetro 63 mm (2,5”) com comprimento de 1500mm, peso de 17,85 kg, 2,35 litros água, peso total 20,2 kg.

Testes de campo
 Primeiro teste











Conclusões:

A utilização dos subprodutos, coprodutos como a Escória e o Óxido de Magnésio, pó de balão, finos de minério e carvão, além do desenvolvimento de uma nova aplicação para a Vermiculita, se mostrou viável técnica e financeiramente.

A disponibilidade quantitativa e qualitativa destes coproduto da siderurgia e metalurgia, aplicados na produção de tinta, desmoldante e ou produtos visando a aplicação nos processos metalúrgicos e siderúrgico, fecham o círculo produtivo com o reaproveitamento destes coprodutos, além de melhoria de eficiência, produtividade, redução do custo de manutenção e viabilidade técnica-econômica.

Objetivo:

Desenvolvimento de uma Tinta (Coating, Desmoldante, Revestimento isolante), de baixa espessura de camada, craqueláveis (colapsável), quebradiço a alta temperatura utilizando subprodutos ou coprodutos gerados na produção de ferro gusa e aço.



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS



Resultado:

- A tinta desenvolvida alcançou os objetivos propostos:
- Desenvolvimento de um revestimento isolante a base de água;
- Revestimento de fácil aplicação;
- Revestimento de fácil remoção, natural sem a necessidade de intervenção mecânica;
- Revestimento pode ser reaplicado em camadas subsequentes.

TRABALHOS FUTUROS

- Definição da viscosidade das amostras e classificação quanto a fluido Newtoniano ou Não Newtoniano.
- Introdução de outros subprodutos, produtos e coprodutos da indústria no intuito de seu reaproveitamento e utilização residencial para proteção térmica.
- Definição quanto a classificação como Geopolímero.



Referências Bibliográficas :

ANGHINETTI, I. C. B. - Tintas, suas Propriedades e Aplicações Imobiliárias. Monografia do Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, 2012.

DIFERENTES TIPOS DE TINTA - Disponível em: <<http://www.leroymerlin.com.br/dicas/conheca-os-diferentes-tipos-de-tintas-e-suas-aplicacoes>>. Acesso em: 27 de nov. de 2021.

PINTURA COM CAL - Disponível em: <<http://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/pintura-com-cal.html>>. Acesso em: 27 de nov. de 2021.

SATO, CESAR ; OLIVEIRA, DAYVISON CARLOS; TORRES, JOSÉ GERALDO; MAIA, BRENO TOTTI ; GARAJAU, FABRÍCIO SILVEIRA; GUERRA, MARCELO DE SOUZA LIMA; ANDRADE, WELLINGTON MORAIS; LIMA, WILLIAN DOS REIS - Performance improvements in BOF at Arcelor Mittal João Monlevade by technology Slagless® lance – <https://www.researchgate.net/publication/327040942> - June – 2017

ABM WEEK 2015 - 46º Seminário de Aciaria - Caracterização tecnológica de escórias de aciaria - Emilio Acciarito Filho; Aristides Alves Barbosa

