



CONSULTORIA
ENGENHARIA
GERENCIAMENTO

PROGRAMA DAS NAÇÕES
UNIDAS PARA O
DESENVOLVIMENTO – PNUD



Avaliação do Mecanismo de Apoio ao Desenvolvimento, Melhoria e Demonstração de Tecnologias Sustentáveis de Produção e de Uso de Carvão Vegetal na Indústria Siderúrgica de MG

Produto 3 – Relatório contendo a Narrativa do Mecanismo
de Apoio para a História do Projeto – R00

PROJETO 05PND0121

CURITIBA – PR
Julho/2021

Sumário

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Antecedentes	3
1.2	Objetivos deste Trabalho	5
1.3	Estrutura deste Documento	5
2	METODOLOGIA.....	6
2.1	Cobertura Geográfica	6
2.2	Escopo deste Produto	6
2.3	Fontes de Informação	6
2.4	Abordagem Metodológica	6
3	RESULTADOS DA NARRATIVA DO MECANISMO DE APOIO PARA A HISTÓRIA DO PROJETO	7
3.1	ARCELOR MITTAL.....	7
3.1.1	Contextualização das Parcerias	7
3.1.2	Resultados das Tecnologias Adotadas	7
3.1.3	Resultados Socioambientais.....	9
3.2	PLANTAR.....	9
3.2.1	Contextualização das Parcerias.....	9
3.2.2	Resultados das Tecnologias Adotadas	9
3.2.3	Resultados Socioambientais.....	11
3.3	RIMA.....	11
3.3.1	Contextualização das Parcerias.....	11
3.3.2	Resultados das Tecnologias Adotadas	11
3.3.3	Resultados Socioambientais.....	14
3.4	VALLOUREC	14
3.4.1	Contextualização das Parcerias.....	14
3.4.2	Resultados das Tecnologias Adotadas	14
3.4.3	Resultados Socioambientais.....	16
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	17
ANEXO 1	REGISTROS FOTOGRÁFICOS E OUTROS MATERIAIS DE DIVULGAÇÃO	18

1 INTRODUÇÃO

1.1 Antecedentes

O Projeto Siderurgia Sustentável busca tornar a produção de ferro-gusa, aço e ferroligas mais competitiva, no contexto de uma economia de baixo carbono. O Projeto Siderurgia Sustentável foi aprovado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF) em janeiro de 2014 e o Documento de Projeto (PRODOC) foi assinado em junho de 2015 pelo PNUD, pelo MMA e pela Agência Brasileira de Cooperação - ABC, tendo sido formalmente iniciado no primeiro trimestre de 2016.

Em 2017, o Projeto lançou um processo seletivo (JOF-0191/2017) para apoiar novos investimentos na produção sustentável de carvão, através de um mecanismo de apoio e de pagamento por resultados alcançados, voltado aos setores de ferro-gusa, aço, ferroligas e de produção de carvão vegetal, com o objetivo de receber propostas.

Em tal processo seletivo foram apresentados projetos por 4 (quatro) empresas, em uma ou mais das seguintes categorias elencadas pelo Edital:

Tabela 01. Categorias dos Mecanismos de Apoio

#	Categoria de Mecanismos de Apoio (EDITAL JOF-0191/2017)
1	Produção de carvão vegetal sustentável - instalação ou ampliação de capacidade produtiva, com ou sem aproveitamento de coprodutos
2	Melhoria de processos na produção de carvão vegetal sustentável
3	Queima de gases/ fumaça gerados na produção de carvão vegetal sustentável
4	Adoção e/ou ampliação e/ou melhoria e arranjos tecnológicos que implique(m) no uso de carvão vegetal sustentável e/ou de seus coprodutos na produção de ferrogusa, aço e ferroligas

Fonte: Edital JOF-0191/2017.

Os projetos foram executados entre 2017 e 2018.

Em 2021, o PNUD lançou o TdR 2542/2021 para contratação de consultoria especializada para avaliação dos mecanismos de apoio (este trabalho).

O mecanismo de apoio busca apoiar o desenvolvimento, a melhoria e a demonstração de tecnologias e processos inovadores de produção sustentável de carvão vegetal de origem legal, bem como o uso desse termo redutor na siderurgia.

Neste contexto, o mecanismo tem como objetivos específicos:

- Apoiar propostas para o desenvolvimento e/ou a melhoria de arranjos tecnológicos e/ou de processos de produção sustentável de carvão vegetal à base de biomassa renovável;

- Apoiar propostas para o desenvolvimento e/ou a melhoria de processos e tecnologias para o uso do carvão vegetal e/ou coprodutos e/ou produtos à base de carvão vegetal na produção de ferrogusa, aço e ferroligas;
- Promover a demonstração pública dos arranjos tecnológicos e dos processos produtivos selecionados.

Entre os indicadores de resultados e metas do mecanismo, por sua vez, são os seguintes:

- Aumento do rendimento gravimétrico na produção de carvão vegetal sustentável;
- Redução mínima da emissão de gases de efeito estufa (GEE) de 270 kg CO₂e/tonelada de carvão vegetal produzido; e
- No mínimo, 80 mil toneladas/ano de capacidade produtiva de carvão vegetal com o uso de tecnologias e/ou processos sustentáveis¹.

Na avaliação efetuada neste Produto serão verificados se esses resultados foram alcançados pelas empresas que executaram os projetos.

Figura 01. Principais Marcos / Histórico do Mecanismo de Apoio



Fonte: Elaborado pelo Consórcio (2021).

¹ Meta a ser atingida pelo projeto como um todo.
Consórcio STCP - BIOMTEC | 05PND0121R00

1.2 Objetivos deste Trabalho

Este trabalho, objeto do Termo de Referência JOF-2542/2021, tem como objeto e objetivos:

- Sistematizar as informações relacionadas à experiência com o mecanismo de apoio ao desenvolvimento, melhoria e demonstração de tecnologias sustentáveis de produção e de uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica do estado de Minas Gerais;
- Registrar lições aprendidas, sugestões e críticas, resultados alcançados ao longo e ao final do processo e benefícios diretos e indiretos;
- Analisar como o mecanismo de apoio, através do pagamento por desempenho, promoveu unidades tecnológicas mais limpas, processos de produção mais eficientes e menos intensivos de gases de efeito estufa e novas rotas tecnológicas para a carbonização eficiente;
- Elaborar material para divulgação.

1.3 Estrutura deste Documento

Este relatório é composto de 4 (quatro) partes, além deste capítulo:

- 1 – Metodologia: Abordagem metodológica utilizada para a elaboração deste produto;
- 2 – Resultados da Narrativa do Mecanismo de Apoio para a História do Projeto: Informações das empresas selecionadas pelo mecanismo de apoio sobre a contextualização dos parceiros, resultados das tecnologias adotadas e socioambientais;
- 3 – Considerações Finais: Principais aspectos a serem destacados, de forma transversal, sobre as percepções dos atores contatados; e
- 4 – Registros Fotográficos e Outros Materiais de Divulgação: Imagens fornecidas pelas empresas que participaram do mecanismo de apoio, bem como outros materiais disponibilizados que foram utilizados para fins de divulgação das iniciativas, como registros fotográficos e outros elementos visuais sobre a evolução, implantação e resultados alcançados pelos projetos.

2 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a abrangência (geográfica e de escopo) do trabalho contratado, as fontes de informação e a abordagem metodológica utilizadas na elaboração desse Produto.

2.1 Cobertura Geográfica

A realização deste trabalho tem por abrangência geográfica o estado de Minas Gerais.

2.2 Escopo deste Produto

Em linha com o Termo de Referência (TdR) deste trabalho, este Produto aborda os seguintes componentes constantes no escopo da contratação:

- Contextualização das parcerias no âmbito do Mecanismo de Apoio;
- Descrição das tecnologias e suporte financeiro através das contrapartidas do Mecanismo de Apoio;
- Identificação dos resultados consolidados e lições aprendidas, no que se refere à percepção das empresas sobre o desempenho técnico e à sustentabilidade das transformações promovidas; o desempenho socioambiental dos projetos; e à evolução do mecanismo (inclusive em termos de expansões no âmbito da empresa); e
- Registros fotográficos e outros materiais de divulgação disponibilizados pelas empresas, sobre as iniciativas relacionadas ao Mecanismo de Apoio.

2.3 Fontes de Informação

Este relatório foi elaborado com base em informações primárias e secundárias:

- Informações Primárias: Questionário voltado às empresas selecionadas pelo mecanismo de apoio, que desenvolveram iniciativas vinculadas ao mesmo; e
- Informações Secundárias: Relatórios elaborados pelas empresas ao longo do desenvolvimento das iniciativas e pelas auditorias realizadas (de forma complementar).

As informações foram coletadas, juntamente com materiais de apoio que as empresas forneceram sobre os projetos desenvolvidos no âmbito do mecanismo de apoio, de 24/05/2021 a 05/07/2021.

2.4 Abordagem Metodológica

A abordagem metodológica deste Produto considerou:

- Análise crítica do Consórcio sobre as respostas aos questionários, para fins de compilação do conteúdo considerado relevante para este relatório e elaboração das considerações finais deste documento; e
- Abordagem descritiva por empresa, apresentada no capítulo 3 deste relatório.

3 RESULTADOS DA NARRATIVA DO MECANISMO DE APOIO PARA A HISTÓRIA DO PROJETO

Neste capítulo serão apresentados os principais resultados das percepções de cada empresa envolvida no mecanismo de apoio – ARCELOR MITTAL, PLANTAR, RIMA e VALLOUREC.

Para cada empresa a abordagem foi efetuada considerando a seguinte estrutura:

- **Contextualização das Parcerias:** Descrição das parcerias no âmbito do Mecanismo de Apoio, indicando-se o valor agregado da parceria e atores chave beneficiados, quando tais informações foram disponibilizadas pelas empresas;
- **Resultados das Tecnologias Adotadas:** Abordagem da percepção da equipe envolvida com o desenvolvimento das tecnologias vinculadas ao mecanismo de apoio em cada empresa (resultados, investimentos, indicadores, lições aprendidas e expansões relacionadas com a iniciativa);
- **Resultados Socioambientais:** Abordagem da percepção da equipe envolvida em cada empresa sobre resultados e lições aprendidas sobre o tema.

3.1 ARCELOR MITTAL

3.1.1 Contextualização das Parcerias

Segundo a equipe da empresa envolvida na iniciativa, não foram efetuadas parcerias ao longo da execução do projeto.

A empresa, porém, mencionou como beneficiária do projeto, a comunidade vizinha, que segundo a mesma percebeu o funcionamento dos queimadores e a redução da fumaça, que por algumas vezes a atingia.

Além disso, mencionou que os funcionários estavam engajados em manter o queimador continuamente funcionando, devido à inexistência da fumaça e a melhoria do ambiente.

3.1.2 Resultados das Tecnologias Adotadas

A Arcelor Mittal participou do Mecanismo de Apoio com dois projetos:

- **Implantação de Sistemas Supervisórios para Monitoramento da Temperatura do Processo de Produção de Carvão Vegetal:** Neste projeto os fornos foram dotados de sistemas de aquisição de dados de temperatura, através de uma malha de termopares em diversos locais do forno. Em tal iniciativa os dados são enviados a um sistema de registro e análise para tomadas de decisão quanto ao controle de entrada de ar atmosférico nos fornos. Assim, garante-se que não haverá falta ou excesso de ar, isto é, não haverá perda de produção ou queima excessiva de madeira e/ou carvão vegetal;
- **Implantação de Queimadores de Fumaça na Produção de Carvão Vegetal:** Neste projeto uma rede de canais subterrâneos foi instalada para conectar a saída das fumaças dos fornos

até um sistema constituído por um conjunto de fornalha e chaminé. Por depressão térmica, as fumaças são sugadas a esse conjunto e é então promovida a queima das mesmas, em sua fase mais rica, em termos de combustibilidade. Assim, os gases de efeito estufa (GEE's) presentes nas fumaças do processo de pirólise são reduzidos à CO₂, pelo processo de queima.

No que se refere aos **investimentos em tecnologia**, os mesmos foram aplicados conforme indicado a seguir.

Tabela 02. Arcelor Mittal: Investimentos em Tecnologia no Âmbito dos Projetos

<i>Projeto</i>	<i>Categoria</i>	<i>Valor Mecanismo (R\$ Mil)</i>	<i>Valor Empresa (R\$ Mil)</i>	<i>Valor Total (R\$ Mil)</i>	<i>Participação do Mecanismo (%)</i>
Implantação de sistemas supervisórios	2	700	2.942	3.642	19%
Implantação de queimadores de fumaça	3	1.000	18.302	19.302	5%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio, com base nos Relatórios das Auditorias (2021).

Sobre os **resultados técnicos, indicadores e lições aprendidas** da empresa, cabe destacar:

- O principal resultado, segundo a equipe envolvida na iniciativa, foi agregar equipamentos e sistemas, como diferencial na forma de se produzir carvão vegetal no Brasil, o que materializou/viabilizou de forma antecipada e inovadora projeto internacionalmente reconhecido;
- A equipe mencionou a coerência entre a metodologia proposta e o desenvolvimento efetivo do projeto;
- O rendimento gravimétrico passou de 30% para 33,5%, em média (aumento de 3,5 pontos percentuais. A redução nas emissões foi de 570 kgCO₂E/tCVR produzido, com o sistema supervisório e de 1.510 kgCo₂E/t CVR produzido, com a utilização do queimador. Essas reduções foram bem acima da meta estabelecida pelo TdR, ou seja, 270 kgCO₂E/tCVR produzido. Superiores em 111% e 460%, respectivamente para os dois projetos².

² Os quantitativos informados no Produto 1 referem-se ao total reduzido, sem considerar a produção. Ou seja, no Produto 1 só havia a informação das auditorias (nº global); depois, nos questionários, foram informados os indicadores específicos, isto é, ponderados pela produção.

- A equipe avaliou que, pelos resultados alcançados, o projeto foi muito satisfatório, incluindo a geração de novas ideias a serem testadas após o projeto.

Os resultados positivos dos indicadores, portanto, indicam o êxito na implantação das tecnologias.

Em termos de **expansão vinculada com as tecnologias adotadas**, a empresa destacou que construiu outro queimador de fumaça, na região da zona da mata, com um conceito de menor produção/menos fornos, adaptando os conceitos e tecnologias previamente discutidos e consolidados no decorrer de execução do projeto com o PNUD. Da mesma forma com supervisorio, desenvolveu uma plataforma mobile que faz com que o carbonizador tenha no seu *tablet* o sistema e possa tomar as ações de controle de carbonização de forma imediata.

Demonstra-se com isso, que a replicabilidade das tecnologias é plenamente possível, incluindo a adoção também por outras empresas do setor que estão desenvolvendo seus próprios projetos nessas linhas, de acordo com a especificidade de cada modelo de produção.

Em relação aos aspectos de aproveitamento de coprodutos e da energia térmica gerada com a queima das fumaças, verifica-se que, apesar de não ter sido foco dos projetos (excetuando a RIMA), observam-se ações concretas no setor para essas iniciativas. Exemplos pontuais podem ser observados pelo recém lançado edital do PNUD (“Incentivo à ampliação ou instalação de tecnologias de produção de carvão vegetal de florestas plantadas com produção e recuperação de coprodutos no estado de Minas Gerais” - SDP Nº: JOF 2832 e algumas teses de pós-graduação sobre secagem da madeira, com a utilização dos gases combustos.

3.1.3 Resultados Socioambientais

A iniciativa, segundo a equipe envolvida, foi positiva, ao conseguir atuar no tripé da sustentabilidade. No que se refere aos aspectos socioambientais, cabe destacar:

- Eliminação de fumaça e redução de emissão de GEE; e
- Comunidade e empregados satisfeitos com a eliminação de fumaça.

3.2 PLANTAR

3.2.1 Contextualização das Parcerias

Segundo a equipe envolvida na iniciativa foram estabelecidas parcerias locais para o desenvolvimento do projeto, com destaque para colheita de madeira, fabricação de tijolos e transporte de carvão.

Também foram desenvolvidos fornecedores de materiais, insumos e serviços, estabelecendo-se parcerias locais para o desenvolvimento do projeto (colheita de madeira, fabricação de tijolos, construções, etc).

3.2.2 Resultados das Tecnologias Adotadas

A Plantar implantou o seguinte projeto vinculado ao Mecanismo de Apoio:
Consórcio STCP - BIOMTEC | 05PND0121R00

- **Projeto de Produção de Carvão Vegetal, utilizando Gases Combustos na Fase Endotérmica da Carbonização:** Consistiu no desenvolvimento de uma nova metodologia para a determinação das melhores curvas das temperaturas do processo de carbonização, através do adequado controle de entrada de ar nos fornos, com o objetivo de resultar em um melhor rendimento de transformação (rendimento gravimétrico) e, conseqüentemente em menores emissões dos GEE's.

No que se refere aos **investimentos em tecnologia**, os mesmos foram aplicados conforme indicado a seguir.

Tabela 03. Plantar: Investimentos em Tecnologia no Âmbito do Projeto

<i>Projeto</i>	<i>Categoria</i>	<i>Valor Mecanismo (R\$ Mil)</i>	<i>Valor Empresa (R\$ Mil)</i>	<i>Valor Total (R\$ Mil)</i>	<i>Participação do Mecanismo (%)</i>
Produção de carvão vegetal utilizando gases combustos na fase endotérmica da carbonização	1	900	7.967	8.867	10%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio, com base nos Relatórios das Auditorias (2021).

Sobre os **resultados técnicos, indicadores e lições aprendidas** da empresa, cabe destacar:

- A avaliação geral da equipe da empresa foi muito positiva, do ponto de vista da adoção da tecnologia e seus resultados;
- Com o aumento do rendimento gravimétrico a empresa passou a consumir uma menor quantidade de madeira, mantendo seus estoques florestais de reserva ou para projetos de novas ampliações de produção;
- A empresa indicou os seguintes resultados oriundos da implantação do projeto:
 - Adoção de novo procedimento de operação;
 - Rendimento gravimétrico de 35% de RG e redução de emissões de 29,2 kg de metano/ton CV. Isso equivale a cerca de 672 kgCO₂E/tCVR³ produzido, o que representa cerca de 148% a mais do que o valor estabelecido como meta para no TdR.
 - Identificação de orientações de novas práticas e destaques, com destaque para a realocação de câmeras de entradas de ar e válvulas de controle.

³ Os quantitativos informados no Produto 1 referem-se ao total reduzido, sem considerar a produção. Ou seja, no Produto 1 só havia a informação das auditorias (nº global); depois, nos questionários, foram informados os indicadores específicos, isto é, ponderados pela produção:

Segundo a equipe da empresa envolvida no projeto, o mesmo segue em constantes melhorias, buscando a redução de desgaste dos fornos, da redução do esforço físico na manutenção e operação dos fornos, sem a perda de foco na melhoria do RG e redução de emissões. Adicionalmente, a equipe está trabalhando na recuperação do pirolenhoso, com a finalidade de aplicação nas atividades de silvicultura.

A empresa também mencionou que, em termos de **expansão vinculada com a tecnologia adotada**, desenvolveu unidades de produção similares em outros sites.

3.2.3 Resultados Socioambientais

Conforme já mencionado, a empresa firmou parcerias locais.

Além disso, com a participação de uma equipe multidisciplinar interna e experiência adquirida ao longo dos anos, a empresa atingiu um bom nível de desenvolvimento do conhecimento em construção e operação dos modelos de fornos propostos, o que garantiu os resultados satisfatórios.

3.3 RIMA

3.3.1 Contextualização das Parcerias

Segundo a empresa, a parceria com o PNUD foi fundamental para ampliar capacidade de produção, a produtividade e a instalação do queimador de gases vinculado ao projeto e ao Mecanismo de Apoio. A empresa não mencionou outras parcerias desenvolvidas durante a execução do projeto.

3.3.2 Resultados das Tecnologias Adotadas

A Rima participou do Mecanismo de Apoio com dois projetos:

- **Ampliação de Capacidade de Produção de Carvão Vegetal Sustentável:** O projeto teve por objetivo aumentar o número de unidades produtivas (fornos container) em sua planta de produção localizada no município de Buritizeiro – MG e da infraestrutura necessária para suporte à produção;
- **Queima de Gases/Fumaça Gerados na Produção de Carvão Vegetal Sustentável:** O projeto teve por objetivo coletar as fumaças provenientes do processo de pirólise da madeira e enviá-las a um queimador de fumaças ou a sistema de condensação e recuperação de alcatrão do carvão vegetal, para fins de produção de carboquímicos⁴ ou para cogeração de energia elétrica.

⁴ Carboquímicos: Trata-se do aproveitamento dos produtos líquidos da pirólise para a produção de seus derivados, através de biorefinarias.

No que se refere aos **investimentos em tecnologia**, os mesmos foram aplicados conforme indicado a seguir.

Tabela 04. Rima: Investimentos em Tecnologia no Âmbito dos Projetos

<i>Projeto</i>	<i>Categoria</i>	<i>Valor Mecanismo (R\$ Mil)</i>	<i>Valor Empresa (R\$ Mil)</i>	<i>Valor Total (R\$ Mil)</i>	<i>Participação do Mecanismo (%)</i>
Ampliação de capacidade	1	2.500	12.457	14.957	17
Queima de gases/fumaça gerados	3	1.000	6.388	7.388	13

Fonte: Elaborado pelo Consórcio, com base nos Relatórios das Auditorias (2021).

Sobre os **resultados técnicos, indicadores e lições aprendidas** da empresa, cabe destacar:

- Os projetos ampliaram a capacidade produtiva, melhoraram o rendimento da planta e reduziram as emissões de carbono equivalente, tendo como linha de base a própria tecnologia do forno Container, que já emitia dezenas de vezes menos que sistemas tradicionais dos fornos de alvenaria, em termos de processos de produção mais eficientes e menos intensivos de gases de efeito estufa;
- Nesta linha, segundo a equipe do projeto houve melhoria do queimador de gases, o que aumentou a confiabilidade e disponibilidade do equipamento para o processo, atingindo novas rotas tecnológicas para a carbonização eficiente;
- Em termos de indicadores, os resultados foram os seguintes:
 - Aumento no rendimento gravimétrico de 32% para 36%;
 - Redução de cerca de 6.000 t CO₂eq /ano;
 - Aumento da produção média para 500 t/mês de carvão vegetal.
- Considerando a redução anual e a respectiva produção, observa-se que a redução foi da ordem de 1.000 kgCO₂E/tCVR produzido, o que estaria 270% acima da meta estabelecida no TdR.
- A tecnologia de produção de carvão vegetal pelos Fornos Container⁵, desenvolvida pela Rima, foi considerada pela equipe envolvida no projeto como um passo importante na

⁵ O Forno Container permite além da queima de gases e a recuperação do extrato pirolenhoso e do alcatrão vegetal, permitindo o aproveitamento melhor de toda a energia proveniente da floresta plantada. O alcatrão vegetal é uma mistura oleosa de mais de 400 componentes químicos. O mesmo pode ser usado para obtenção de diversas substâncias como óleos essenciais para indústria alimentícia, precursor para fabricação de fibras de carbono ou componentes de química fina. Seu uso mais simples é como combustível e ainda assim representa uma oportunidade de negócios ainda não explorada completamente no mercado. O extrato pirolenhoso é um adjuvante na indústria agrícola, que potencializa a absorção de

promoção de uma unidade produtiva e tecnologia mais limpa. Segundo a equipe da empresa, novas tecnologias, como o Forno Container, puderam se provar uma alternativa viável com o ganho de escala;

- Durante o primeiro projeto foram melhoradas algumas práticas de controle de produção, como o rendimento gravimétrico, em relação à linha de base, atingindo-se a meta de 500 t/mês e, em alguns meses, segundo a equipe envolvida no projeto, até mesmo superá-la, atingindo 600 t/mês de carvão vegetal. Nesta primeira etapa, a empresa já contava com um queimador de gases, que realizava a eliminação do metano produzido, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa;
- Outras práticas utilizadas durante o desenvolvimento dos projetos que trouxeram impactos positivos para a produção de carvão vegetal:
 - Controle amostral de umidade da matéria-prima e do carvão produzido;
 - Controle de qualidade da matéria-prima (ausência de cascas, tamanho, ausência de contaminantes);
 - Controle dos parâmetros de carbonização (temperatura, vazão de gases gerados no processo, acompanhamento contínuo do peso do forno);
 - Controle entradas de oxigênio no forno (válvulas automáticas e verificação de vazamentos);
 - Queima contínua dos gases gerados;
 - Trabalho contínuo para aumento no fator de utilização de todos os equipamentos periféricos, bem como tempo e necessidade de manutenção, com progressiva elevação na produtividade.

Segundo a empresa, o controle rígido do processo (temperatura correta de carbonização, vazão de gases, peso, funcionamento do queimador, tempos de resfriamento do carvão entre outros) permitiu não somente atingir as metas de rendimento e produção, mas também possibilitaram obter uma melhor compreensão e controle do processo produtivo e identificar alguns gargalos.

Sobre a **pretensão de expansão da iniciativa**, a empresa informou que no futuro pretende ampliar a capacidade de produção do Forno Container. No entanto, esta pretensão depende da realização de investimentos financeiros significativos, ainda não previstos.

nutrientes e outros elementos por plantas. Alguns estudos indicam o pirolenhoso como um desalojador de pragas e promotor de crescimento e enraizamento de culturas de interesse.

3.3.3 Resultados Socioambientais

Em termos de resultados socioambientais, destacam-se:

- A queima dos gases promoveu não somente a redução de emissões, mas também melhorou o entorno da área produtiva que agora não fica mais com a fumaça;
- Treinamento dos operadores para o controle da carbonização; e
- Melhoria das condições ergonômicas e segurança de trabalho dos carvoeiros, pela mecanização das diversas etapas do processo e captura e eliminação da fumaça produzida durante o processo, tornando o ambiente de trabalho mais limpo e menos nocivo ao trabalhador.

Além disso, os gases do processo que hoje são queimados somente com o objetivo de redução de emissões de GEE's tem potencial para a geração de energia elétrica ou aproveitamento em outro processo, de modo a ser obtido um aproveitamento completo da energia da floresta.

3.4 VALLOUREC

3.4.1 Contextualização das Parcerias

A empresa informou que as comunidades próximas das fazendas vinculadas à mesma tem participação em projetos sociais e no monitoramento de incêndios nas florestas da Vallourec, em vários municípios de Minas Gerais. Adicionalmente, a empresa informou que está comprando os resíduos de carvão vegetal renovável de diversos fornecedores menores, auxiliando no reaproveitamento destes resíduos dando-lhes uma destinação mais sustentável e agregando valor na moinha de carvão vegetal de outros fornecedores menores.

Além disso, a Vallourec mencionou que tem a intenção de continuar e criar novas parcerias com o PNUD para avançar em novas oportunidades.

3.4.2 Resultados das Tecnologias Adotadas

A Vallourec implantou o seguinte projeto com o apoio do Mecanismo:

- **Ampliação da capacidade de substituição de gás natural por carvão vegetal na usina de pelotização da Vallourec Soluções Tubulares do Brasil:** O projeto da Vallourec trata da substituição de combustível fóssil (gás natural) por renovável (finos de carvão vegetal). Originalmente, o processo de produção de pelotas de minério de ferro utiliza o gás natural como fonte de energia para tratamento térmico destas, em forno rotativo. A partir de testes e comprovação de eficiência energética do uso dos finos de carvão vegetal (moinha) no âmbito do projeto, a empresa procurou aumentar a utilização desse combustível, reduzindo assim, as emissões oriundas da utilização de um combustível fóssil.

No que se refere aos **investimentos em tecnologia**, os mesmos foram aplicados conforme indicado a seguir.

Tabela 05. Vallourec: Investimentos em Tecnologia no Âmbito do Projeto

<i>Projeto</i>	<i>Categoria</i>	<i>Valor Mecanismo (R\$ Mil)</i>	<i>Valor Empresa (R\$ Mil)</i>	<i>Valor Total (R\$ Mil)</i>	<i>Participação do Mecanismo (%)</i>
Ampliação da capacidade de substituição de gás natural por carvão vegetal na usina de pelletização	4	1.000	7.825	8.825	11

Fonte: Elaborado pelo Consórcio, com base nos Relatórios das Auditorias (2021).

Sobre os **resultados técnicos, indicadores e lições aprendidas** da empresa, cabe destacar:

- A equipe envolvida considerou o projeto positivo, pois tornou a unidade de pelletização a de menor impacto ambiental no mundo e única a usar combustível renovável como principal em seu processo;
- Em termos de processos de produção mais eficientes e menos intensivos de gases de efeito estufa, a queima do carvão vegetal apresentou melhor irradiação de calor, e manteve ou melhorou ligeiramente as propriedades do produto do processo, as pelotas de minério de ferro;
- No que se refere às novas rotas tecnológicas para a carbonização eficientes, a Vallourec tem um programa interno para atualização de fornos de produção de carvão convencionais para reatores modernos e muito mais eficientes e mais limpos a tecnologia Carboval. A empresa espera poder utilizar ainda mais carvão vegetal em nossos processos e alcançar mais reduções de emissões nos próximos anos;
- Sobre os indicadores alcançados ressaltam-se os seguintes aspectos:
 - 100% de utilização de carvão vegetal na rotina operacional;
 - Menor consumo de gás natural da planta de pelletização desde seu início de operação;
 - Redução de mais de 90 mil t de CO2 somando-se 2017, 2018 e 2019;
 - Redução de cerca de 23 mil t de CO2 durante a execução do projeto de apoio.
- Principais resultados alcançados:
 - Usina pioneira no mundo todo a utilizar 100% de carvão vegetal como combustível principal em pelletização;
 - Reconhecimento mundial por ser a usina de pelletização com menor impacto ambiental no mundo, conforme constatado e divulgado em simpósio de especialistas com presença das maiores empresas do ramo em Simpósio no Canadá;

Sobre a **pretensão de realizar alguma expansão** relacionada à iniciativa, a empresa sinalizou positivamente, sem, no entanto fornecer maiores informações.

Além disso, a Vallourec mencionou que:

- Possui outros projetos, na mesma linha de substituição de combustíveis fósseis para carvão vegetal e/ou seus subprodutos, e que intensificou estudos para implementações de outras formas de aplicar o carvão vegetal em substituição aos combustíveis fósseis;
- Espera um retorno de caixa em 10 anos de operação, superando mais de 13 vezes o investimento total no projeto (com a contrapartida Vallourec e subvenção PNUD).

Sobre os indicadores da categoria de enquadramento do projeto, o Consórcio considera importante registrar os seguintes aspectos:

- Reduções sobre a linha de base: Não foi estabelecida uma linha de base em relação ao projeto, uma vez que, trata-se da substituição de um combustível fóssil (gás natural) por um renovável (moinha de carvão vegetal). A linha de base se aplica quando há a comparação entre uma nova tecnologia e a que está sendo substituída, com os mesmos critérios de medição (ex. rendimento gravimétrico);
- Replicabilidade: Tem-se observado nos últimos meses o aumento da demanda pela utilização da moinha de carvão vegetal como fonte de combustível em processos semelhantes ao projeto da Vallourec. Isso indica a replicabilidade da iniciativa, na medida em que cresce o domínio tecnológico pela substituição via injeção do combustível sólido, outras cadeias produtivas (cimento, cal, cavacos, bagaço de cana, pellets, etc), também se beneficiam nos mesmos níveis dos aqui abordados.

3.4.3 Resultados Socioambientais

Em termos de resultados socioambientais, destacam-se:

- Redução de emissões de CO₂ quando comparando com gás natural;
- Aumento da conscientização dos operadores e pessoas ligadas à produção sobre os impactos ambientais e o posicionamento favorável da Vallourec com os resultados do projeto.

Cabe mencionar que, segundo a equipe envolvida na iniciativa, a empresa conseguiu com o projeto um ótimo exemplo, mostrando que benefícios ambientais podem e devem trazer também impactos financeiros positivos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Todas as equipes das empresas envolvidas no desenvolvimento do mecanismo de apoio consideraram, em termos gerais, a experiência de participar da iniciativa positiva, sob o viés econômico, ambiental e/ou social;
- As empresas demonstraram ter atingido a principal meta comum a todas as categorias de projetos do mecanismo de apoio – redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) de 270 kg CO₂e/tonelada de carvão vegetal produzido, o que em termos gerais foi confirmado pelo Consórcio em uma análise crítica dos documentos avaliados (relatórios das empresas, das auditorias e dos questionários);
- Os indicadores com os quais cada empresa se comprometeu em sua proposta e que foram pelas mesmas reportados superaram largamente as metas estabelecidas pelo TdR;
- Não foram detectados muitos impactos externos aos projetos e às empresas, a não ser aqueles em que a queima das fumaças está presente e há a consequente redução nas emissões, na melhoria do ambiente de trabalho e na percepção de pequenas comunidades de entorno, haja vista a localização remota das unidades de produção, em relação a centros mais populosos;
- Para a maioria dos projetos, não foram apresentadas informações sobre estudos de viabilidade econômica, o que de fato poderia incentivar ainda mais a adoção das tecnologias adotadas por um maior número de produtores interessados nas mesmas perspectivas de ganhos (aumento de rendimento e redução das emissões). Apenas o projeto da Vallourec apresenta alguns indicadores nesse sentido. Neste sentido, alguns indicadores-chave podem ser desenvolvidos junto às empresas, de tal forma que preservem o sigilo estratégico de determinadas informações, mas que representem com fidelidade as vantagens econômicas, sociais e ambientais de cada um dos projetos apoiados;
- O Anexo 1 apresenta os registros fotográficos e materiais de divulgação disponibilizados pelas empresas participantes do mecanismo de apoio. Apenas a empresa Rima não disponibilizou ao Consórcio material fotográfico ou outros materiais de divulgação ao Consórcio;
- De forma geral, as informações obtidas para a elaboração deste relatório (relatórios sobre o mecanismo fornecidas pelas empresas e resposta aos questionários) foram suficientes para estruturar o Produto 3 de acordo com o TdR desta contratação; e
- Este Produto, juntamente com os Produtos anteriores, servirá de base para elaboração do material da história dos mecanismos para fins de divulgação (Produtos 4 e 5).

ANEXO 1 REGISTROS FOTOGRÁFICOS E OUTROS MATERIAIS DE DIVULGAÇÃO

Este anexo apresenta a indicação da tecnologia adotada por cada empresa, procurando apontar aspectos que estão relacionados ao atingimento dos resultados e às correlações com as percepções dos atores chave envolvidos.

1. ARCELOR MITTAL

1.1 IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS SUPERVISÓRIOS PARA MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL.



Sala de controle do sistema de supervisão dos fornos – UPE Forquilha – Carbonita – MG

- A foto mostra o operador do sistema analisando o comportamento térmico de um forno típico onde se observam 12 pontos de controle no forno.



- Após a análise, o operador comunica ao técnico em carbonização sobre o que deve ser feito para controlar o processo.



- Apresentação da tela do sistema supervisor, com a visão geral da unidade de produção, a técnicos do setor.

1.2 IMPLANTAÇÃO DE QUEIMADORES DE FUMAÇA NA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL



- Conjunto queimador de fumaças na UPE Fazendinha – município de Quartel Geral – MG. Em primeiro plano: câmara de queima (fornalha). Em segundo plano: chaminé de tiragem dos gases combustos.



- Apresentação do sistema de queima das fumaças a técnicos do setor

2. PLANTAR

2.1 PROJETO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL UTILIZANDO GASES COMBUSTOS NA FASE ENDOTÉRMICA DA CARBONIZAÇÃO

Nota: A base dos registros fotográficos desse projeto foi uma apresentação enviada pela empresa com o título: “Melhoria do processo de produção de carvão vegetal no contexto do projeto “siderurgia sustentável”.

No Brasil a siderurgia a carvão vegetal tem um grande potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa, pela substituição do carvão fóssil por um carvão de origem de biomassa renovável. Na utilização da Biomassa, é possível ainda reduzir a emissão de gases de efeito estufa. As emissões de CH₄ podem ser reduzidas na ordem de 49%.

- **Rendimento gravimétrico = Kg de carvão seco/Kg de madeira seca**
- **Objetivo do Projeto : aumentar de 26% (atual) para 35% de rendimento gravimétrico**
- Linha de base no Brasil 26% (fonte: Pesquisa MMA)
- Fator de Emissão de CH₄ (Rendimento Gravimétrico 26%) 57,5 Kg CH₄/ton CV
- Fator de Emissão de CH₄ (Rendimento Gravimétrico 35%) 29,3 Kg CH₄/ton CV

Redução de emissões de CH₄ por ton CV = 28,2 kg CH₄/ton CV

Fonte: UNFCC – ACM 0021

- Apresenta-se uma argumentação sobre a importância da melhoria do rendimento gravimétrico para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE's). Estudos propiciaram a obtenção de índices para cálculo dessas reduções.

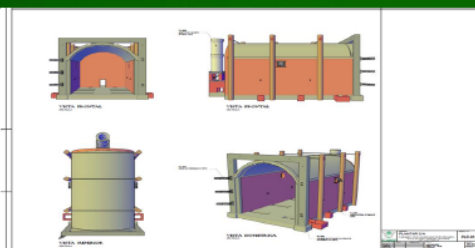
Objetivos específicos:

1. Aumentar o rendimento gravimétrico da produção de carvão vegetal por meio do controle de temperatura;
2. Reduzir as emissões de metano através do aumento do RG;
3. Descrição de um novo procedimento de operação padrão;
4. Implantar o PROJETO BRA/14/G31 na Unidade de serviços MG 02 da empresa Plantar localizada no município de Curvelo/MG, Latitude -18.805654 e Longitude -44.556889, com o incentivo de recursos destinados ao “Siderurgia Sustentável”.

- Pelos objetivos específicos do projeto tem-se uma ideia clara do que a tecnologia apoiada pelo Mecanismo, pretendia alcançar.

MATERIAL E MÉTODOS:

A eficiência do processo de carbonização, que implica na decisão de entrada e interrupção do fornecimento de oxigênio, esta correlacionado com a densidade aparente do carvão vegetal, que se correlaciona com as variáveis da madeira (clone, umidade, diâmetro, densidade) e do processo (temperatura do forno e horas de carbonização).



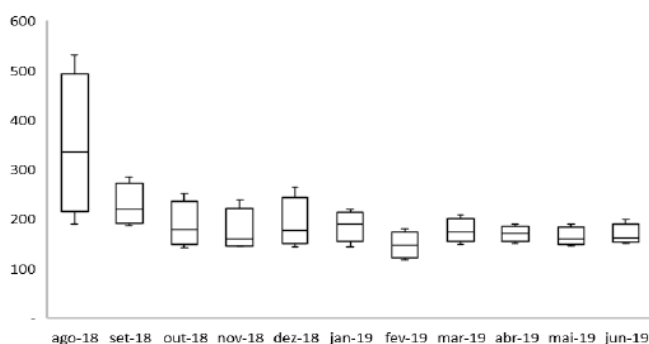
- O foco na parametrização de um indicador facilmente rastreável e mensurável (DRA), foi fundamental para a avaliação da evolução do processo de carbonização

Elaboração e execução de um projeto de pequenos fornos em escala de produção na Plantar em Curvelo/MG



- Tomadas de imagens da unidade de produção onde foi implantado o projeto. Fornos retangulares mecanizáveis com 7,5 metros de comprimento e capacidade para 120 estêreos de madeira.

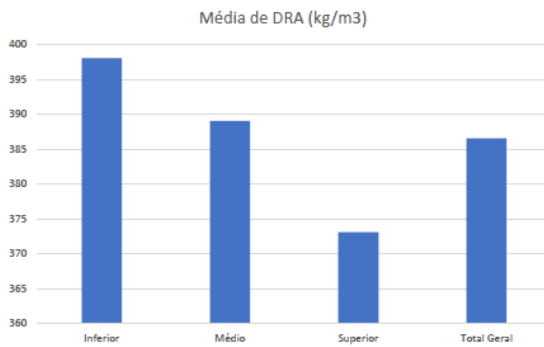
Controle das temperaturas de chaminés ao longo dos meses de monitoramento



Fonte: Plantar 2019

- O gráfico mostra a evolução do controle de temperatura nos fornos em níveis de maior estabilidade (menor amplitude), devido a adoção de melhores controles de processo.

Média da DRA por posição no forno



Fonte: Plantar 2019

Amplitude de variação de 7% em média entre a DRA do carvão da parte inferior do forno comparado com a parte superior do forno.

Sugestões para o PO: Produzir atijo na parte inferior do forno pode ser adotado como procedimento para perder menos massa na parte superior do forno.

Obs: Fornos mais baixos tendem a ter menor variação no carvão e perda de massa na parte superior.

- Um dos principais resultados do estudo mostra que temperaturas mais baixas produzem carvão vegetal com maior densidade real aparente, recomendando ações de controle no processo para a manutenção dos bons resultados.

Resultados

Variáveis	Valores	Unidades
Produção Carvão vegetal ago/2018 a maio/2019	7.440	ton CV/projeto
Fator de Emissão de CH4 (Rendimento Gravimétrico 26%)	57,5	Kg CH4/ton CV
Fator de Emissão de CH4 (Rendimento Gravimétrico 35,04%)	29,2	Kg CH4/ton CV
Total de redução nas emissões do projeto em CO2 equivalente	5.276	ton CO2/projeto

Fonte: Plantar 2019

Método de cálculo do total das emissões do projeto:

$$M(p, i) = 139,13 - 313,80 * Y(p, i)$$

Onde,

M(p, i) = Fator de emissões de metano do cenário do projeto (kg de CH4/toneladas de carvão vegetal)

Y(p, i) = Rendimento gravimétrico da carbonização antes da implementação do projeto (massa de carvão vegetal/massa de madeira, base seca)

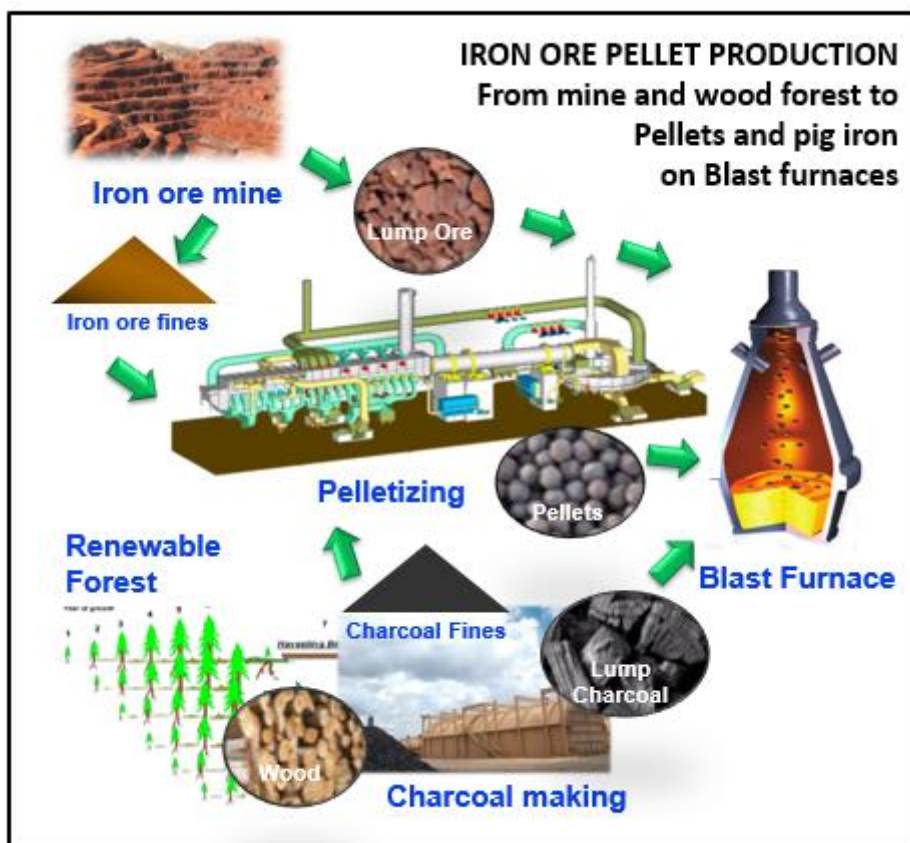
Fonte: ACM 0021 – UNFCCC

- Os resultados atingidos estão expressos nos cálculos de redução dos GEE's em relação à produção total do período do projeto.

3. VALLOUREC

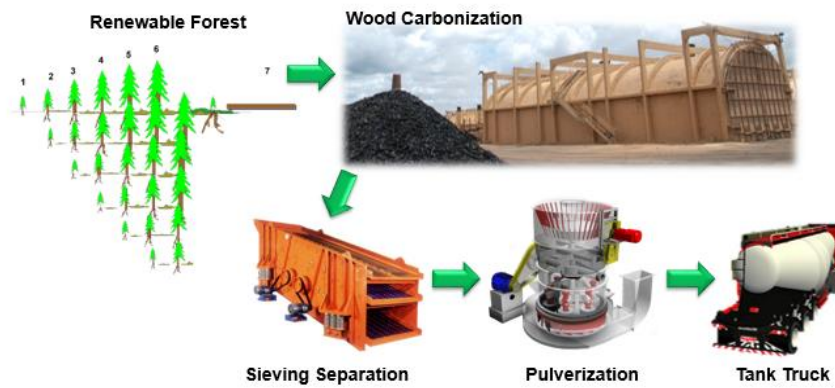
4.1 AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE GÁS NATURAL POR CARVÃO VEGETAL NA USINA DE PELOTIZAÇÃO

Nota: A base dos registros fotográficos desse projeto foi uma apresentação enviada pela empresa com o título: “PCI PELLET – Charcoal in pelletizing plant burner”



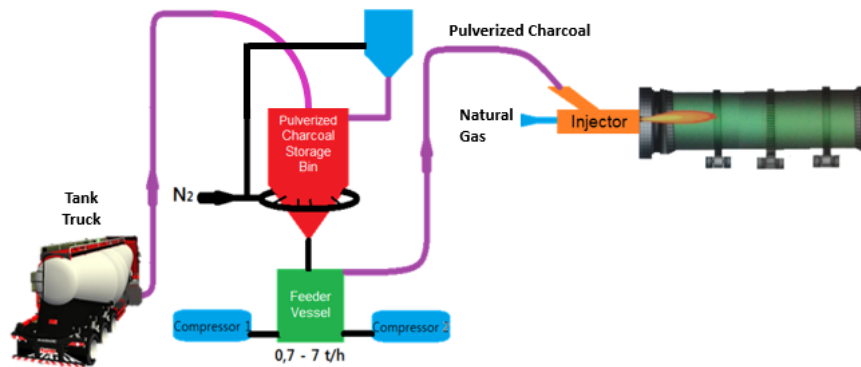
- Fluxograma do processo de produção de pellets de minério de ferro utilizando finos de carvão vegetal, em substituição ao gás natural.

Vallourec Renewable Charcoal Production Route



- Rota de produção e beneficiamento da moinha de carvão vegetal para abastecimento dos fornos rotativos de produção de pellets.

Pelletizing Plant Installation for Charcoal injection and burning



- Fluxo esquemático da injeção de moinha no forno rotativo



CONSULTORIA
ENGENHARIA
GERENCIAMENTO

Todos os direitos reservados.

Todos os direitos de cópia, publicação, transmissão e/ou recuperação de todo ou parte por qualquer meio ou para todo o propósito, exceto por bona fide cópia pela contratante deste documento, como se expressa no título, são reservados.