

## Relatório Descritivo

### Trabalho realizado no âmbito do convênio ECV - 01/2017



#### 1 - Descrição da Planta:

A Companhia Siderúrgica Nacional, fundada em abril de 1941, foi a primeira produtora integrada de aço plano no Brasil, um marco no processo de industrialização do país. Seu aço viabilizou a implantação das primeiras indústrias nacionais, núcleo do atual parque fabril brasileiro. Privatizada em 1993, a Companhia vem, desde então, modernizando-se e diversificando sua atuação.

A CSN tem uma visão de sustentabilidade que aumenta a eficiência dos processos industriais e estabelece ganhos com a economia circular, trazendo benefícios para todos os envolvidos nessa cadeia de geração de valor. A empresa tem uma gestão focada no desenvolvimento de suas equipes e na convivência harmônica com as comunidades nas cidades onde opera, no Brasil e no exterior.

A empresa atua em cinco setores: siderurgia, mineração, logística, cimento e energia. A produção de cimento foi iniciada em 2009. Em 2015, a nova fábrica de cimentos localizada em Arcos (MG) começou a operar, elevando a capacidade instalada da companhia para 4,3 milhões de toneladas, o que representa, em média, um consumo de energia de 460,1GWh/ano.

Considerando o nível de consumo energético (maior que 20MWh/ano), bem como a cultura da eficiência energética, presente nas atividades da empresa, foi possível conciliar a participação da CSN Cimentos no Programa Aliança, conforme previsto no item 3.2 do convênio ECV - 01/2017, firmado entre a Confederação Nacional da Indústria (CNI) e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).

#### 2 - Processo de prospecção e pré-operacional da CSN Cimentos

Conforme descrito no documento de estratégia de prospecção - parte integrante dos documentos de prestação de contas - e nos termos do convênio ECV-01/2017, a CSN Cimentos é uma empresa energia intensiva, consciente dos impactos positivos da cultura da eficiência energética, e cumpre, portanto, todos os requisitos técnicos para sua participação no Programa Aliança.

A CSN Cimentos proporcionaria ao Programa Aliança grande visibilidade e credibilidade, não só junto às indústrias do setor cimenteiro como, também, a todo o parque industrial, dada a complexidade dos seus processos de manufatura, o tamanho da planta e dado ao seu simbolismo, como esforço de industrialização nacional.

## 2.1 - Fase de Prospecção

O contato com a CSN Cimentos ocorreu por meio da CSN, unidade Presidente Vargas/Volta Redonda RJ, empresa participante do Programa Aliança. O processo de inclusão da CSN Cimentos foi conduzido pelo profissional Gustavo Soares Vasconcelos e pelos gerentes de energia da CSN, RJ.

A reunião de adesão ao programa ocorreu no dia 27/05/2018, com a presença do Gustavo Soares Vasconcelos e do consultor o Eng. Paulo Augusto Pessan Miotto.

A reunião também contou com a presença de pessoas envolvidas diretamente na operação da planta da CSN Cimentos e, nela, foram apresentadas as atividades e metodologias do programa, considerando:

- a. Diálogos para confirmar o interesse da CSN Cimentos;
- b. Pré-identificação das áreas de atuação do Programa Aliança;
- c. Definição de datas de início do trabalho;
- d. Identificação dos profissionais responsáveis pela interlocução com os consultores do Programa Aliança
- e. Apresentação dos termos do acordo voluntário

Conforme acordado na reunião de 27/05/2018, a minuta de acordo voluntário foi enviada para análise e assinatura da CSN Cimentos, juntamente com o texto de confidencialidade e com a descrição das atividades do projeto.

O pré-projeto elaborado entre a equipe do Programa Aliança e a equipe da CSN Cimentos foi originado em uma missão técnica realizada entre os dias 26 a 27/07/2018 (Reunião Pré-operacional). Estiveram presentes nessa missão os consultores listados na Tabela 1.

*Tabela 1 - Datas de visitas/reuniões para elaboração do plano de atividades da CSN CIMENTOS*

<b>Equipe</b>	<b>Data</b>	<b>Entidade</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Localidade</b>
Fabírcia Araújo Sales				
Gilvan Wanderley de Farias				
Neto	26 a	CSN	Reunião Pré-	
Gustavo Soares Vasconcelos	27/07/2018	Cimentos	Operacional	Arcos/MG
Luis Gustavo Camelo Trovão				
Romildo Pereira Brito				

Ao final da reunião Pré-operacional, ficou acordado a atuação do programa em 01 área, com elevado consumo de energia térmica, que abrangeu 02 sistemas operacionais (ver Tabela 2). A respectiva área é considerada uma importante consumidora de gás natural e energia elétrica.

Conforme acordado com o Procel, maiores detalhes técnicos do trabalho realizado na CSN Cimentos estão protegidos pelo acordo de confidencialidade assinados entre CNI e a CSN Cimentos.

### 3 - Implementação da metodologia de otimização energética do Programa Aliança na CSN Cimentos

Depois de validadas as áreas de atuação com a CSN Cimentos, foi dado início ao processo de desenvolvimento e implementação das ações do programa.

Os consultores do Programa Aliança foram divididos em 04 times. Cada time foi responsável pelo desenvolvimento dos trabalhos em dois sistemas de um processo de produção, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Equipes, áreas de atuação e sistemas

Área de atuação	Sistemas estudados	Responsáveis técnicos
Processo de produção (1) <sup>1</sup>	Sistema (1.1)	Neto/Fabricia/Gilvan
	Sistema (1.2)	Neto/Fabricia/Gilvan
		Gladson/Gilvan/Fabricia Danilo/Gilvan Sebastião/Gilvan

Conforme observado, as respectivas equipes realizaram trabalho em 01 questão específica do Sistema (1.1) e em 04 questões específicas do Sistema (1.2).

O cronograma de atuação das equipes na planta da CSN Cimentos está apresentado na Tabela 3.

<sup>1</sup> Maiores detalhes técnicos sobre a descrição dos processos e sistemas considerados nas atividades do programa estão protegidos por acordo voluntário assinado entre a CNI e a Aperam.



### 3.1 Implantação Inicial

Conforme apresentado no cronograma de trabalho, os times de consultores responsáveis pelas respectivas áreas de atuação realizaram 03 missões técnicas à planta da CSN Cimentos, cujo foco é apresentado na Tabela 4.

*Tabela 4 - Objetivo das visitas à planta da CSN Cimentos*

<b>Equipe</b>	<b>Data</b>	<b>Objetivo</b>
Alexandre Carvalho Ribeiro Gladson Euler Lima junior Gilmar Trindade de Araújo Danilo Pablo Barros Araújo	13 a 14/08/2018	Modelagens e Simulações - Nível 1 - e transferência de conhecimento
Fabricia Araújo Sales Gilvan Wanderley de Farias Neto Gladson Euler Lima Júnior Romildo Pereira Brito	05 a 06/09/2018	Modelagens e Simulações - Nível 2 - e transferência de conhecimento
Ascendino Pereira de Araújo Neto Danilo Pablo Barros Araújo Fabricia Araújo Sales Gilvan Wanderley de Farias Neto Gladson Euler Lima Júnior	24 a 25/09/2018	Modelagens e Simulações - Ajustes finos - transferência de conhecimento e Validação das simulações

As oportunidades de otimização de processos, identificadas ao longo do programa, bem como o impacto esperado com essas otimizações estão apresentados na Tabela 5 **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Para viabilizar as respectivas oportunidades, foram utilizados softwares dedicados a simulações de processamentos em plantas industriais. A descrição dos recursos computacionais, bem como os entregáveis com os resultados das simulações estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 5 – Descrição das oportunidades de ganhos energéticos e objetos de impacto (indicador) das ações de eficiência energética

Área/Processo	Sistemas	Indicador	Oportunidade
	Sistema (1.1)	Combustível (coque + finos) / Produtividade	Modelagem fenomenológica para otimização dos parâmetros de processo, com foco em aumento da eficiência do forno
	Sistema (1.1.1)	Combustível (coque + finos) / Produtividade	Uso de inteligência artificial para determinação de set-points do processo
	Sistema (1.1.2)	Combustível (coque + finos) / Produtividade	Modelagem fenomenológica para otimização dos parâmetros de processo, com foco em aumento da eficiência do forno
Processo de produção (1)	Sistema (1.1.3)	Combustível (coque + finos) / Produtividade	Redução da entrada de ar falso
	Sistema (1.1.4)	Combustível (coque + finos) / Produtividade	Modelagem fenomenológica para otimização dos parâmetros de processo, com foco na fluidodinâmica do resfriador
	Sistema (1.1.5)	Combustível (coque + finos) / Produtividade	Modelagem fenomenológica para otimização dos parâmetros do pré-calcinador, com foco na fluidodinâmica (Coprocessoamento)

Tabela 6 – Ferramentas computacionais e produtos finais

<b>Área/Sistema</b>	<b>Produto Final</b>	<b>Recursos</b>
Processo de produção (1)	Relatório e modelo computacional a ser usado para definição de condições operacionais de menor consumo de energia.	Aspen™
	Relatório e modelo computacional ser usado para definição de condições operacionais de menor consumo de energia.	Aspen™
Processo de produção (2)	Relatório e modelo computacional ser usado para definição de condições operacionais de menor consumo de energia.	CFX
	Relatório e modelo computacional ser usado para definição de condições operacionais de menor consumo de energia.	Phyton

Maiores detalhes técnicos sobre as atividades de implementação do Programa Aliança na CSN Cimentos estão protegidos por acordo voluntário assinado entre a CNI e a CSN Cimentos.

Durante a etapa de implantação do Programa Aliança nessa empresa, foram realizadas 04 atividades de treinamento. As sessões ocorreram nas semanas de aperfeiçoamento dos modelos computacionais e ao longo da semana da eficiência energética.

Os treinamentos realizados tinham como objetivo apresentar novas técnicas computacionais de análises dos processos de produção. Os treinamentos foram ministrados pelos consultores presentes nos trabalhos de campo.

Após a última visita técnica, houve a realização da semana da eficiência energética, que ocorreu entre os dias 22 e 26 de outubro de 2018.

Durante essa semana, os times (CSN Cimentos e CNI) responsáveis pelas áreas de interesse validaram os resultados das simulações computacionais.

Participaram da semana de eficiência energética os consultores do Programa Aliança apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Participantes da semana da eficiência energética na CSN Cimentos

---

Danilo Pablo Barros Araújo				
Fabricia Araújo Sales				
Gilvan Wanderley de Farias				
Neto				
Gladson Euler Lima Júnior	22 a	CSN	Semana de	
Gustavo Soares	26/10/2018	Cimentos	Eficiência	Arcos/MG
Vasconcelos			Energética	
Paulo Augusto Pessan				
Miotto				
Romildo Pereira Brito				

---

Na ocasião foram ministradas apresentações focadas no entendimento das ações de eficiência energética, na metodologia de implementação das ações e dos processos de medição e verificação dos resultados de economia de energia.

Maiores detalhes técnicos sobre as atividades de implementação do Programa Aliança na CSN Cimentos estão protegidos por acordo voluntário assinado entre a CNI e a Empresa Parceira.

No último dia da semana da eficiência energética, os resultados foram apresentados à liderança da empresa (ver Tabela 8). Nesse processo, os resultados da primeira fase do programa foram analisados sob o ponto de vista dos gestores da empresa e aprovados.

Ao longo da semana do dia 19/11/2018 o corpo técnico da CSN Cimentos teve acesso à versão final do relatório técnico. Esse relatório contém as ações de eficiência energéticas, sugestões de meios para a implementação, bem como um descritivo das tecnologias de Verificação e Medição (V&M). Os métodos e recursos tecnológicos aplicados na obtenção dos resultados também são considerados nesse relatório.

A equipe técnica da CSN Cimentos, destacada para execução da fase de implementação contínua, se reunirá com a equipe Aliança na semana do dia 11/02/2019. Essa reunião ocorrerá no âmbito do Seminário Cultural, ocasião em que o planejamento de implementação das ações de eficiência energética e das ações de V&M serão desenhadas pelas equipes.

Essa reunião marca a fase de transição entre a implementação inicial e a contínua



Tabela 8 – Ganhos econômicos e energéticos observados na CSN Cimentos

Área	Sistemas	Ações / Recomendações	Detalhamento do Indicador	Potencial de ganho do Indicador (t/ano)	Potencial de ganho (MR\$/ano)	Economia (GJ/ano)	CO2 equivalente
Processo de produção (1)	Sistema (1.1)	Mudança de condição operacional para redução de combustível	Coque + finos de carvão	2.257,2 – 3.762,0	1,13 – 1,89	67.932,7 – 113.221,2	432,6 – 720,9
		Mitigação da entrada de ar falso	Coque + finos de carvão	3.006,9 – 4.514,4	1,35 – 2,03	90.576,9 – 135.865,4	576,8 – 865,2
		Elevação da carga de alimentação de farinha	Clínquer	1.858,2 – 7.463,8	0,093 – 0,373	-	-
	Sistema (1.2)	Mudança de condição operacional para redução de combustível	Coque + finos de carvão	1.504,8 – 3.009,6	0,67 – 1,35	45.288,4 – 90.576,9	288,4 – 576,8
		Mitigação da entrada de ar falso	Coque + finos de carvão	3.006,9 – 4.514,4	1,35 – 2,03	90.576,9 – 135.865,4	576,8 – 865,2
		Elevação da carga de alimentação de farinha	Clínquer	10.307,13 – 47.768,3	0,515 – 2,38	-	-
		Mudança de condição operacional para redução de combustível	Coque + finos de carvão	1.429,5 – 6.470,6	0,72 – 3,25	43.024,04 – 194.740,38	274,0 – 1.240,1
		Redução da recirculação de clínquer	Coque + finos de carvão	452,9	0,23	13.633,4	86,8
		<b>TOTAL</b>				<b>23.370,63 – 77.956,00</b> (t/ano)	<b>5,83 – 13,53</b> (MR\$/ano)

Nesse trabalho, o CO2 equivalente da energia elétrica economizada é calculado considerando um Fator Médio, utilizado pelo governo brasileiro (ver Tabela 9). Esse número é aplicado aos cálculos de emissão do dióxido de carbono no sistema interligado Nacional brasileiro e permite obter a média das emissões da geração, considerando até mesmo as usinas que operem na margem. E, portanto, é utilizado para inventários em geral, corporativos ou de outra natureza.

Nesse trabalho, o número do Fator Médio corresponderá à média<sup>2</sup> dos valores observados para os meses de Janeiro a Junho de 2018 (0,0655 tCO2/MWh).

*Tabela 9 – Fatores Médios utilizados no cálculo do CO2 equivalente na geração de energia elétrica, utilizados nos cálculos do Governo Federal. Fonte: [http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao\\_corporativos.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html) em 04/09/2018*

Fator Médio Mensal (tCO2/MWh)						
2018	MÊS					
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
	0,0640	0,0608	0,0635	0,0523	0,0607	0,0915

Para o cálculo do CO2 equivalente, resultante da economia de outros insumos energéticos, foi considerada a geração de energia elétrica a partir desses insumos. O cálculo, portanto, leva em conta uma eficiência média de conversão de 35% da energia térmica<sup>3</sup> armazenada nesses insumos em energia elétrica.

#### **4 – Implementação Contínua: metodologia de inserção da cultura de eficiência energética do Programa Aliança na CSN Cimentos:**

Os resultados observados na fase de implantação contínua comporão dentre os objetivos do convênio CNI/Eletronbras, os objetos que culminarão na efetividade da aplicação do dinheiro público no projeto; comprovação da eficácia das ações de eficiência energética, transferência de conhecimento e mitigação dos consumos energéticos da planta.

Nessa fase, os times se organizarão em equipes, correspondentes as suas áreas de trabalho na empresa. Cada ação terá um responsável, com atividades e indicadores de andamento pré-definidos.

Conforme mencionado, as ações de eficiência energética foram apreciadas pela liderança da CSN Cimentos ao longo da semana da eficiência energética. Após essa atividade, será realizado o Seminário de Eficiência Energética (semana do dia 11/02/2019), no qual serão selecionadas as ações de eficiência energética, para a fase de implementação contínua. O processo de implementação seguirá um plano de gestão, que abrange desde as ações de implementação às ações de medição e verificação da economia de energia.

<sup>2</sup> Sendo mínima a dispersão de valores em relação à média (1,5%), esse número pode ser utilizado para representar o Fator Médio anual, embora a amostra seja considerada pequena.

<sup>3</sup> Poder calorífico inferior.

## **5 - Considerações Finais**

Como parte do acordo voluntário assinado entre a CSN Cimentos e a CNI em junho de 2018, válido por 24 meses, as equipes técnicas e gerenciais dessas instituições têm trabalhado desde então, com o objetivo de identificar e implantar ações de melhoria que possibilitem elevar a competitividade dessa empresa.

O trabalho envolveu cerca de 15 profissionais, sendo 9 especialistas da CNI, sob a orientação de uma metodologia de trabalho focada na implantação de ações sem ou com baixa necessidade de Capex. Nessa metodologia foram utilizadas modelagens computacionais nos principais processos consumidores da CSN Cimentos. Paralelamente, ações de caráter cultural estão sendo desenvolvidas como parte de uma estratégia de aprofundamento da cultura de competitividade e eficiência na Empresa Parceira.

Baseado na metodologia do Programa Aliança, os trabalhos na CSN Cimentos foram concentrados em 01 área, com elevado consumo térmico. Os trabalhos tiveram foco em 01 questão específica do Sistema (1.1) e em 04 questões específicas do Sistema (1.2), conforme apresentado na Tabela 2 e na Tabela 8.

As equipes identificaram 08 ações que foram consideradas viáveis técnica e economicamente, as quais, quando implantadas, podem agregar uma economia de até R\$ 11.000.000,00, sobre o custo dos insumos energéticos.

Os valores de melhoria indicados para cada área são fruto de avaliações técnicas elaboradas em conjunto com a equipe da CSN Cimentos. Para cada valor, extensas reuniões foram executadas com as áreas fabris, sendo também utilizadas técnicas e softwares especializados nos processos industriais e nas análises da área de utilidades.

Eventuais diferenças entre valores projetados de ganhos e valores de custo de implantação estão sendo avaliadas ao longo do período contratual.

De uma forma resumida, o estímulo à quantificação das oportunidades já conhecidas e a aplicação periódica de técnicas de otimização mais avançadas (trabalhos estruturados a cada 3 anos pelo menos) podem fazer grande diferença no atingimento das metas de eficiência energética mais desafiadoras para a empresa parceira.

Cabe ressaltar que o trabalho desenvolvido na CSN Cimentos tem atendido aos objetivos do convênio celebrado entre a CNI e a Eletrobras, que considera:

“... o desenvolvimento de ações de eficiência energética, consistentes na implantação de metodologia de redução de consumo de energia em grandes consumidores industriais, visando à manutenção dos ganhos energéticos no longo prazo, por meio da inserção do tema “eficiência energética” em suas respectivas agendas estratégicas”.