

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
*MODALIDADE PROFISSIONAL*

GESTÃO DE RESÍDUOS E EFLUENTES: MELHORIAS NA CONSTRUÇÃO DA UTE GNA II  
COM ANÁLISE COMPARATIVA À UTE GNA I E PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DO  
TRANSPORTE E DESTINAÇÃO PARA O PORTO DO AÇU.

JÉSSICA RODRIGUES NEVES

MACAÉ-RJ

2024

JÉSSICA RODRIGUES NEVES

GESTÃO DE RESÍDUOS E EFLUENTES: MELHORIAS NA CONSTRUÇÃO DA UTE GNA II  
COM ANÁLISE COMPARATIVA À UTE GNA I E PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DO  
TRANSPORTE E DESTINAÇÃO PARA O PORTO DO AÇU.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

Orientador(a): Dr. Romeu e Silva Neto

MACAÉ-RJ

2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

N515g Neves, Jéssica Rodrigues, 1990-.  
Gestão de resíduos e efluentes: melhorias na construção da UTE GNA II com análise comparativa à UTE GNA I e proposta de integração do transporte e destinação para o porto do Açú / Jéssica Rodrigues Neves — Macaé, RJ, 2024.  
xi, 52 f.: il. color.

Orientador: Romeu e Silva Neto, 1968-.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Macaé, RJ, 2024.  
Inclui referências.  
Área de concentração: Sustentabilidade Regional.  
Linha de Pesquisa: Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

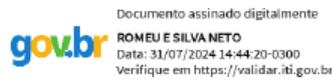
1. Gestão integrada de resíduos sólidos. 2. Resíduos industriais. 3. Portos – Aspectos ambientais – Norte Fluminense. 4. Lixo – Eliminação – Aspectos ambientais. 5. Educação ambiental. I. Silva Neto, Romeu e, 1968-, orient. II. Título.

CDD 363.728098153 (23. ed.)

Dissertação intitulada **GESTÃO DE RESÍDUOS E EFLUENTES: MELHORIAS NA CONSTRUÇÃO DA UTE GNA II COM ANÁLISE COMPARATIVA À UTE GNA I E PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DO TRANSPORTE E DESTINAÇÃO PARA O PORTO DO AÇU**, elaborada por **Jéssica Rodrigues Neves** e apresentada, publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, na área concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

Aprovado em: 30 de abril de 2024

Banca Examinadora:



---

Romeu e Silva Neto, Doutor em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC Rio), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Orientador(a)

---

Juliana Fadini Natalli, Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Universidade Federal do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)

---

Hélio Gomes Filho, Doutor em Políticas Públicas e Formação Humana / Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)

**DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à memória do meu querido pai, João Francisco do Amaral Neves, que, do céu, me guiou e acompanhou em cada passo dessa caminhada.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que me sustentou com sabedoria e inspiração ao longo desta jornada.

Aos pilares da minha vida, minha família, expresso a mais profunda gratidão. À minha mãe, cuja valorização pela educação me conduziu ao caminho que hoje trilho. Aos meus irmãos e cunhadas, agradeço pelas palavras encorajadoras e pela vibração com meu crescimento. Ao meu namorado, o companheiro incansável em cada desafio, agradeço por estar ao meu lado, compreendendo minha ausência e me motivando.

Meu reconhecimento aos gerentes da Gás Natural Açúcar - GNA, João Teixeira e Sérgio Lemos, pela confiança e apoio essenciais ao desenvolvimento deste projeto e a permissão para ingresso no mestrado. À equipe de sustentabilidade da GNA: Larissa Pourbaix, Ronaldo Firmino, Wagner Rangel, Luana Mauad, Darichelle Vilaça, Ana Weisz, Carolina Correa, Willy Souza, Raquel Leão, Mariana Monjardim, Vinícius Silva, Wesley Magalhães pelo companheirismo e motivação.

Não poderia deixar de agradecer ao meu psicólogo Davis Lichote, cujo apoio psicológico foi fundamental. Sua orientação me incentivou a persistir e a reconhecer o meu potencial durante os momentos desafiadores.

Um reconhecimento aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPEA) e ao meu orientador, Romeu e Silva Neto.

Aos membros da banca examinadora, minha gratidão pela disponibilidade e contribuições valiosas. Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte deste projeto.

**EPÍGRAFE**

Mas aqueles que esperam no Senhor renovam as suas forças, voam alto como águias, correm e não ficam exaustos, andam e não se cansam." - Isaías 40:31.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Atividade de estaqueamento.....	12
Figura 2 - Atividade das grandes concretagens.....	134
Figura 3 - Transporte das peças e equipamentos do T-MULT até a GNA .....	14
Figura 4 - Vista superior da área do canteiro de obras de armazenamento das peças e equipamentos	14
Figura 5 - Colmeias da torre de resfriamento. ....	15
Figura 6 - Torre de resfriamento da UTE GNA II.....	15
Figura 7 - Reaproveitamento de materiais da UTE GNA I.....	17
Figura 8 - Separação dos seguimentos e verticalização dos blocos.....	17
Figura 9 - Vista frontal da Central de triagem de resíduos operacional.....	18
Figura 10 - Vista superior da localização da central de triagem de resíduos (seta vermelha) na UTE GNA II .....	18
Figura 11 - Resíduo de plástico sendo compactado na prensa hidráulica.....	19
Figura 12 - Coleta e transporte dos fardos e acondicionamento em caminhão .....	19
Figura 13 - Triturador de entulho limpo na destinadora em Macaé.....	24
Figura 14 – Entulho limpo triturado na destinadora .....	24
Figura 15 - Garrafas da campanha de redução de copos descartáveis .....	25
Figura 16 - Fardos de plástico de diversos tipos.....	26
Figura 17 - Fardos de papel e papelão .....	26
Figura 18 - Fracionamento das madeiras .....	28
Figura 19 - Artesanatos confeccionados por madeiras doadas para artesã local .....	28
Figura 20 – Resíduos Classe I (contaminados) armazenados em local apropriado .....	29
Figura 21 - Resíduo orgânico chegando no destinador.....	30
Figura 22 - Resíduo orgânico em processo de compostagem.....	30
Figura 23 - Estação de Tratamento de Efluente biológico .....	32
Figura 24 – Água de reuso na umectação de vias não pavimentadas .....	32
Figura 25 – Caixas de dejetos externa ao banheiro container.....	33
Figura 26 – Coleta do óleo lubrificante usado .....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de caçambas transportadas por empreendimento .....	20
Tabela 2 - Peso de resíduos (toneladas) destinados por empreendimento .....	21
Tabela 3 - Número de coletas de efluentes descartados externos por empreendimento .....	21
Tabela 4 – Volume (m <sup>3</sup> ) de efluentes destinados externamente por empreendimento.....	22
Tabela 5 - Destinação dos resíduos sólidos por empreendimento (tonelada).....	22

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de caçambas transportadas por empreendimento.....	20
Gráfico 2 - Peso de resíduos (toneladas) destinados por empreendimento .....	21
Gráfico 3 – Volume de efluentes (m <sup>3</sup> ) destinados externamente e tratamento. ....	22
Gráfico 4 – Destinação dos resíduos sólidos por empreendimento (tonelada).....	23

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

ESG - Environmental, social and governance

ETE – Estação de tratamento de efluentes

IFFluminense – Instituto Federal Fluminense.

PGRS – Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PIB - Produto Interno Bruto

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PP – Polipropileno

RCC – Resíduo de construção civil

RSS - Resíduos de serviços de saúde

SIN - Sistema Interligado Nacional

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

# **GESTÃO DE RESÍDUOS E EFLUENTES: MELHORIAS NA CONSTRUÇÃO DA UTE GNA II COM ANÁLISE COMPARATIVA À UTE GNA I E PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DO TRANSPORTE E DESTINAÇÃO PARA O PORTO DO AÇU.**

## **RESUMO**

O primeiro capítulo (artigo 1) desta dissertação realiza uma análise comparativa da gestão de resíduos sólidos e efluentes durante os primeiros 24 meses de construção das usinas termelétricas UTE GNA I (de abril de 2018 a março de 2020) e UTE GNA II (de outubro de 2021 a setembro de 2023) operadas pela Gás Natural Açú. Apesar de as construções terem ocorrido em períodos distintos, ambas as usinas adotaram métodos construtivos similares. Este estudo de caso destaca as melhorias implementadas na UTE GNA II, que incluem a adoção de boas práticas, estratégias para reduzir o descarte em aterros sanitários, o reaproveitamento eficiente de materiais, e a otimização do transporte e valorização de resíduos recicláveis. Adicionalmente, propõe-se a redução na coleta de efluentes sanitários por meio da instalação de estações de tratamento de efluentes em grandes projetos e a reutilização dos efluentes tratados para a umectação de vias, o que levou a ajustes nos indicadores de desempenho e economia de recursos. As melhorias implementadas na gestão de resíduos e efluentes foram orientadas pelos indicadores e pelas lições aprendidas durante a construção da UTE GNA I, servindo como referencial para estratégias aprimoradas na gestão ambiental da UTE GNA II. O segundo capítulo (artigo 2), explora por meio de uma revisão bibliográfica, a posição do Porto do Açú frente à modernização portuária, ressaltando sua expansão para o desenvolvimento regional. Destaca-se, contudo, a necessidade de adotar estratégias sustentáveis para o transporte e a destinação adequada de resíduos sólidos, considerando a distância de cerca de 150 km até os principais locais de destinação. A pesquisa também sugere recomendações para a integração das empresas como componentes para o desenvolvimento sustentável do Complexo Portuário do Açú.

**Palavras-chave:** Gestão de resíduos sólidos. Efluentes. UTE GNA I. UTE GNA II. Porto do Açú.

**WASTE AND EFFLUENT MANAGEMENT: IMPROVEMENTS IN THE CONSTRUCTION OF  
TPP GNA II WITH A COMPARATIVE ANALYSIS TO TPP GNA I AND A PROPOSAL TO  
INTEGRATE TRANSPORTATION AND DISPOSAL TO THE PORT OF AÇU.**

**ABSTRACT**

*The first chapter (article 1) of this dissertation makes a comparative analysis of solid waste and effluent management during the first 24 months of construction of the TPP GNA I (from April 2018 to March 2020) and TPP GNA II (from October 2021 to September 2023) thermal power plants operated by Gás Natural Açú. Although construction took place in different periods, both plants adopted similar construction methods. This case study highlights the improvements implemented at the TPP GNA II, which include the adoption of good practices, strategies to reduce landfill disposal, the efficient reuse of materials, and the optimization of transport and recovery of recyclable waste. In addition, it is proposed to reduce the collection of sanitary effluents by installing effluent treatment plants in large projects and reusing the treated effluents to wet roads, which has led to adjustments in performance indicators and savings in resources. The improvements implemented in waste and effluent management were guided by the indicators and lessons learned during the construction of the TPP GNA I, serving as a benchmark for improved strategies in the environmental management of the TPP GNA II. The second chapter (article 2) explores, through a literature review, the position of the Port of Açú in relation to port modernization, highlighting its expansion for regional development. However, it highlights the need to adopt sustainable strategies for the transportation and proper disposal of solid waste, considering the distance of around 150 km to the main disposal sites. The research also suggests recommendations for the integration of companies as components for the sustainable development of the Açú Port Complex.*

**Keywords:** *Solid waste. Effluents. TPP GNA I. TPP GNA II. Port of Açú.*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE GRÁFICOS.....	viii
LISTA DE ABREVITURAS E SIGLAS.....	viii
RESUMO.....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	x
APRESENTAÇÃO.....	01
ARTIGO CIENTÍFICO 1: GESTÃO DE RESÍDUOS E EFLUENTES: MELHORIAS NA CONSTRUÇÃO DA UTE GNA II COM ANÁLISE COMPARATIVA À UTE GNA I.....	02
1. INTRODUÇÃO.....	03
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	07
3. METODOLOGIA.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5. CONCLUSÃO.....	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
<b>ARTIGO CIENTÍFICO 2: PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DO TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS PARA O PORTO DO AÇU.....</b>	<b>39</b>
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	42
3. METODOLOGIA.....	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5. CONCLUSÃO.....	51
6. REFERÊNCIAS.....	52

## APRESENTAÇÃO

O primeiro capítulo (artigo 1), é explorado o universo complexo da gestão de resíduos sólidos oriundos da construção civil, uma preocupação global de relevância tanto ambiental quanto econômica. A atenção se concentra na transformação da gestão de resíduos sólidos e efluentes durante a fase de construção da usina termelétrica (UTE) GNA II no Porto do Açu, com base nas experiências e indicadores adquiridos na construção da UTE GNA I. A parte central da pesquisa envolve a comparação dos primeiros 24 meses de construção dos empreendimentos da Gás Natural Açu (UTE GNA I e UTE GNA II), que, embora tenham ocorrido em momentos diferentes, seguiram um processo construtivo semelhante. Entre as melhorias identificadas estão a adoção de boas práticas, estratégias para reduzir o envio de resíduos para aterros sanitários, o reaproveitamento eficiente de materiais e a otimização do transporte de resíduos recicláveis. Além disso, sugere-se a redução na coleta de efluentes sanitários através da implementação de estação de tratamento de efluentes em projetos de grande porte e priorização do reuso do efluente tratado para umectação das vias, ajustes nos indicadores e, conseqüentemente, economia de recursos financeiros. Paralelamente, o segundo capítulo (artigo 2) desta dissertação analisa a posição do Porto do Açu no contexto da modernização legislativa dos portos, destacando sua expansão e o desenvolvimento regional, bem como a importância de estratégias eficazes para manejar a logística de destinação de resíduos sólidos, localizados a 150 km de distância. A pesquisa propõe recomendações para a integração das empresas como parte fundamental do desenvolvimento sustentável do Complexo Portuário do Açu.

## ARTIGO CIENTÍFICO 1

### GESTÃO DE RESÍDUOS E EFLUENTES: MELHORIAS NA CONSTRUÇÃO DA UTE GNA II COM ANÁLISE COMPARATIVA À UTE GNA I

*WASTE AND EFFLUENT MANAGEMENT: IMPROVEMENTS IN THE CONSTRUCTION OF TPP GNA II WITH A COMPARATIVE ANALYSIS TO TPP GNA I.*

Jéssica Rodrigues Neves - IFFluminense/PPEA

Romeu e Silva Neto - IFFluminense/PPEA

#### RESUMO

A gestão de resíduos sólidos provenientes da construção civil é uma preocupação ambiental e econômica de relevância mundial. Os resíduos da construção civil representam uma parte significativa do total gerado em áreas urbanas e industriais. A construção de grandes empreendimentos gera um volume expressivo de resíduos sólidos e efluentes que necessitam de gestão ambiental ativa e estratégias para lidar com o assunto de maneira mais sustentável. Este artigo explora os principais desafios encontrados no gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes da construção da usina termelétrica (UTE) GNA I no Porto do Açu e propõe novas soluções de melhoria para a construção da usina termelétrica (UTE) GNA II, abordando a adoção de boas práticas, redução da destinação para aterro sanitário, reaproveitamento de materiais, otimização do transporte de resíduos recicláveis, redução na coleta de efluentes sanitários através da implementação de estação de tratamento de efluentes em projetos de grande porte e priorização do reuso do efluente tratado para umectação das vias, mudança dos indicadores e economia de orçamento. A pesquisa comparou os primeiros 24 meses da construção dos dois empreendimentos que ocorreram em momentos distintos, entretanto seguiram o mesmo processo construtivo.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos. Efluentes. UTE GNA I. UTE GNA II. Porto do Açu.

## **ABSTRACT**

*The management of solid waste from construction is an environmental and economic concern of worldwide relevance. Construction waste represents a significant part of the total generated in urban and industrial areas. The construction of large projects generates a significant volume of solid waste and effluents that require active environmental management and strategies to deal with the issue in a more sustainable way. This article explores the main challenges encountered in the management of solid waste and effluents from the construction of the GNA I thermal power plant (TPP) in the Port of Açu and proposes new improvement solutions for the construction of the GNA II thermal power plant (TPP), addressing the adoption of good practices, reduction of landfill disposal, reuse of materials, optimizing the transport of recyclable waste, reducing the collection of sanitary effluents by implementing an effluent treatment plant in large-scale projects and prioritizing the reuse of treated effluent for wetting roads, changing indicators and saving budgets. The research compared the first 24 months of construction of the two projects, which took place at different times but followed the same construction process.*

**Keywords:** *Solid waste. Effluents. TPP GNA I. TPP GNA II. Port of Açu.*

## **1. INTRODUÇÃO**

A construção de grandes empreendimentos desempenha um papel significativo no estímulo ao crescimento econômico em âmbito regional e, por vezes, nacional. Isso ocorre por meio da geração de empregos diretos e indiretos, do incentivo ao mercado imobiliário, e do impulso à comercialização de serviços, insumos e equipamentos em diversas fases da implantação. No entanto, o grande desafio reside, sem dúvida, na conciliação entre a preservação ambiental e o processo produtivo, buscando harmonizar o conceito de desenvolvimento sustentável com a eficiência produtiva (Karpinsk *et al.*, 2009).

A questão ambiental na indústria da construção civil tem atualmente adquirido grande destaque, juntamente com a crescente preocupação em relação aos impactos ambientais. Isso ocorre principalmente devido à crescente conscientização sobre a escassez dos recursos naturais e os efeitos prejudiciais da deposição inadequada de grandes quantidades de resíduos, que podem causar danos

irreversíveis ao meio ambiente. Essa preocupação tem dado origem a um novo paradigma na construção civil, conhecido como construção sustentável. Este conceito se baseia no reaproveitamento de materiais, na adoção de tecnologias limpas, na utilização de materiais recicláveis e na incorporação dos resíduos sólidos diretamente no processo de construção (Vazquez, 2001). Esse enfoque não apenas promove a preservação do ambiente, mas também contribui para a eficiência e a responsabilidade ambiental da indústria da construção civil.

Embora a construção de grandes empreendimentos traga consigo inegáveis benefícios para o desenvolvimento econômico e social do país, não podendo ignorar os significativos impactos ambientais associados a essa atividade. Esses impactos incluem a modificação da paisagem, o consumo de recursos não renováveis e a geração de Resíduos de Construção Civil (RCCs).

Na tentativa de lidar com os desafios socioambientais decorrentes do elevado volume de RCCs, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) desempenhou um papel fundamental ao criar a Resolução nº 307. Essa resolução estabelece critérios, diretrizes e procedimentos para a gestão de resíduos de construção e demolição nos municípios (conforme definido pelo Brasil em 2002). Vale ressaltar que ao longo do tempo, a Resolução nº 307 foi objeto de revisões e aprimoramentos por meio das resoluções CONAMA nº 348/04 (BRASIL, 2004), CONAMA nº 431/11 (BRASIL, 2011) e CONAMA nº 448/12 (BRASIL, 2012). Essas modificações refletem a evolução das políticas ambientais e a necessidade contínua de melhorar a gestão de resíduos na construção civil, à medida que nos esforçamos para equilibrar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil, as empresas da construção civil devem criar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Neste plano, as empresas devem identificar, caracterizar, definir procedimentos operacionais, metas e ações para o transporte e destinação adequada dos resíduos sólidos, de acordo com as normas dos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), planos municipais e legislações estaduais. A gestão integrada dos resíduos é crucial para a redução de impactos ambientais e o cumprimento das responsabilidades ambientais no setor da construção civil.

Na região do Norte Fluminense, desde 2006, grandes empresas se estabeleceram no Complexo Logístico Industrial Portuário do Açú, em São João da Barra, Rio de Janeiro. A localização estratégica, próxima às Bacias de Campos e do Espírito Santo, atraiu a indústria de petróleo e gás (MMX/MPC, 2006). Entre os empreendimentos notáveis, a Usina Termelétrica GNA I (UTE GNA I) se destaca. A empresa Gás Natural Açú iniciou a implantação da UTE GNA I em 2018, e a usina foi integrada ao Sistema Interligado Nacional (SIN) em 2021, após um período de três anos que envolveu a construção, montagem eletromecânica e testes de comissionamento.

Com a expansão do parque termelétrico licenciado, está em andamento a construção da Usina Termelétrica GNA II (UTE GNA II) no Porto do Açú, utilizando o mesmo projeto adotado na UTE

GNA I. Nesse contexto, é razoável considerar que o volume de resíduos de construção civil gerado para a implantação desse empreendimento será semelhante. Isso oferece uma oportunidade para a revisão, aprimoramento e desenvolvimento consistente do plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) da construção da segunda termelétrica (UTE GNA II). Essas ações visam encontrar soluções que possam integrar os pilares do ESG (*environmental, social and governance*), que são práticas usualmente adotadas por empresas para atrair investimentos com base em critérios de sustentabilidade. O objetivo é minimizar os impactos ambientais e aumentar a competitividade no mercado, seguindo uma abordagem sustentável (LI, T.T. *et al.* 2021).

Durante muito tempo, as questões ambientais foram consideradas de menor importância para as empresas, exceto pelo cumprimento das condições necessárias para a manutenção das licenças ambientais, muitas das quais eram mal preparadas e inadequadas para integrar um plano de gestão ambiental. No entanto, com a emergência das regulamentações ambientais, os operadores econômicos passaram a reconhecer a necessidade de incorporar a proteção ambiental como parte integrante de seus objetivos, ao lado do lucro. Nessa nova era de desenvolvimento sustentável corporativo, as empresas buscam lucros que estejam alinhados com práticas ambientalmente responsáveis, visando garantir segurança e confiabilidade em seus projetos perante os investidores. A busca por lucros "limpos" e "verdes" tornou-se uma abordagem fundamental para estabelecer uma relação mais sólida com o meio ambiente e atender às crescentes expectativas dos investidores em relação à sustentabilidade (SION, Alexandre Oheb, 2021).

Com o início da implantação das obras civis em 2018, até a operação do empreendimento da UTE GNA I, foi gerado um volume significativo de resíduos sólidos (RS) de diferentes tipologias em diversas fases da construção, desde a supressão de vegetação, passando pelas fundações, obras civis, verticalização das estruturas, testes/comissionamento e operação do empreendimento. Desde o começo da implantação até a fase de operação (04/2018 - 09/2021) a UTE GNA I gerou aproximadamente 7.075 toneladas de resíduos sólidos, com destaque para resíduos de entulho/demolição com 32,11% e resíduo de madeira com 27,26%. Com relação a efluente sanitário, foram descartados 22.823 m<sup>3</sup>. Todos os resíduos gerados foram destinados corretamente por empresas licenciadas e com infraestrutura de recebimento e tecnologia adequada para tratar os resíduos mais sensíveis de acordo com a legislação vigente, conforme o PGRS (Econservation, 2021).

Os indicadores resultantes da destinação final dos resíduos sólidos mostram que 48% foram encaminhados para aterros sanitários, enquanto 21% foram destinados à reciclagem e outras opções de destinação, como recuperação energética, autoclavagem, coprocessamento e reaproveitamento, representando 31% do total (Econservation, 2021). O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) da UTE GNA I adotou medidas mitigadoras, incluindo a segregação por meio da coleta seletiva, reuso de materiais, treinamento dos colaboradores e ações de conscientização socioambiental,

alinhando-se com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Embora o PGRS em diversos empreendimentos cumpra efetivamente seu papel na gestão de resíduos, direcionando ações, metas e indicadores para a destinação adequada, nem sempre a destinação correta reflete automaticamente em práticas sustentáveis que contribuam para as dimensões ambiental e social de uma empresa. É fundamental reconhecer que a sustentabilidade vai além da simples conformidade com as regulamentações e requer um compromisso contínuo com a minimização de impactos e a promoção de práticas responsáveis em todas as áreas da atividade empresarial.

A identificação da gestão adaptativa dos indicadores na UTE GNA I, em resposta aos desafios enfrentados durante a implementação do projeto, levou à proposição de melhorias no projeto de expansão do parque termelétrico. Essa expansão, que dará origem à Usina Termelétrica UTE GNA II, seguirá o mesmo modelo e adotará como instrumento de gestão os valores e resultados obtidos na destinação final dos resíduos de construção civil da UTE GNA I.

Uma questão significativa identificada na UTE GNA I foi a baixa segregação dos resíduos na fonte, principalmente devido à natureza dinâmica das atividades ocorrendo em múltiplas áreas do canteiro de obras e frentes de serviço. Ao analisar o cumprimento do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), notou-se que os indicadores muitas vezes se limitavam à simples destinação correta por empresas licenciadas. No entanto, uma parte considerável de resíduos e materiais poderia ter tido um destino mais adequado, levando em conta suas características, seja por meio de receptores de menor porte, de âmbito regional ou mesmo pela possibilidade de reutilização no cotidiano e no ambiente de trabalho.

Adicionalmente, o transporte de resíduos representa uma adversidade para a região do Porto do Açu. A maioria dos locais de destinação final de resíduos e efluentes encontra-se em Macaé, uma distância considerável de cerca de 150 quilômetros do Porto do Açu. Isso gera impactos sociais, custos elevados de transporte e outros desafios logísticos. Essa situação sublinha a necessidade de estratégias mais eficientes de gestão de resíduos, a fim de reduzir a dependência de longas distâncias de transporte e minimizar os impactos sociais e econômicos associados.

Este estudo recomenda a construção de uma central de triagem na UTE GNA II, criada para gerir resíduos oriundos das áreas operacionais e do canteiro de obras. A finalidade desta central é aprimorar a separação dos resíduos, otimizando a reciclagem e minimizando o volume destinado a aterro sanitário ou necessitando de outros tratamentos. Com o objetivo de reduções significativas de deposição de resíduos em aterro sanitário, superando as práticas da UTE GNA I, o projeto inclui também a implementação de programas de educação ambiental, a adoção de alternativas para destinação de resíduos, a valoração dos resíduos de papel e plástico e óleo usado, aperfeiçoamento das infraestruturas dos banheiros containers para redução de coletas de efluente sanitário e a priorização do reuso de efluente sanitário para umectação das vias após tratamento biológico.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Contexto Geral

O setor da construção civil brasileira tem desempenhado um papel significativo na economia nacional, representando aproximadamente 15% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, de acordo com Nagalli, A. (2022). Essa participação expressiva torna o país competitivo em relação a outros setores da economia. No entanto, é crucial destacar que a construção civil, da forma como é atualmente conduzida, é uma das principais fontes de geração de resíduos. Devido ao processo de construção, que frequentemente envolve canteiros de obras e métodos manuais, os resíduos de construção e civil (RCCs) e o descarte de efluentes se tornam uma dificuldade. Eles representam um problema logístico devido ao volume expressivo, um risco ambiental devido ao descarte inadequado e uma questão financeira, devido aos custos associados à destinação adequada desses resíduos e efluentes.

De acordo com dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe, 2022), estimou-se que em 2021 os municípios brasileiros coletaram mais de 48 milhões de toneladas de Resíduos de Construção Civil (RCCs). A quantidade coletada por habitante atingiu cerca de 227 kg por ano, representando um aumento de 2,9% em comparação com o ano de 2020. É importante notar que parte desses resíduos corresponde aos RCCs que são descartados de forma inadequada em vias públicas e áreas urbanas. A região sudeste do Brasil contribuiu com 52% desse aumento no volume de RCCs coletados. No entanto, a região que se destaca em termos de coleta per capita é a Centro-Oeste, registrando uma média de quase 323 kg por habitante/ano. Esses números sublinham a necessidade de adotar abordagens sustentáveis na gestão de resíduos de construção, com o objetivo de mitigar os impactos ambientais negativos e garantir o cumprimento das regulamentações apropriadas. A crescente quantidade de RCCs gerados no Brasil requer uma ação efetiva para minimizar o desperdício, promover a reciclagem e a reutilização de materiais, e assegurar que o descarte seja realizado de maneira responsável.

Conforme apontado por Yuan e Shen (2011), o tema da gestão de resíduos de construção ganhou destaque relativamente recente. No entanto, as pesquisas nessa área ainda são dispersas. Ao analisar as pesquisas disponíveis, os autores concluíram que a destinação dos resíduos de construção civil carece de sistematização e necessita de padronização e aprofundamento. Além disso, eles observaram que as pesquisas recentes sobre os RCCs tendem a se concentrar em coleta de dados de natureza descritiva e estão relacionadas a técnicas práticas, simulações e modelagens. Essa análise destaca a necessidade de uma abordagem mais abrangente e integrada na pesquisa e gestão de resíduos de

construção civil, abordando a padronização de processos e a busca por soluções inovadoras e sustentáveis na gestão desses resíduos.

É evidente que ainda existem lacunas significativas em publicações e estudos de caso relacionados à gestão de resíduos sólidos em empreendimentos de grande porte. Essas lacunas são especialmente notáveis no que diz respeito a boas práticas que visam aprimorar a destinação adequada e o máximo aproveitamento e reaproveitamento de materiais nesse contexto. Da mesma forma, existem carências de exemplos que demonstrem ações voltadas para o engajamento de receptores locais e regionais, com o propósito de explorar as oportunidades para o desenvolvimento e a efetiva participação desse setor na dinâmica da instalação de grandes empreendimentos. No entanto, há alguns estudos recentes que podem servir como referência nesse tema, incluindo os trabalhos de Baptista Junior, J. V., & Romanel, C. (2013); Scremin, L. B., Castilhos Junior, A. B. D., & Rocha, J. C. (2014); Orth, Baldin e Zanotelli (2014); Ribeiro, L. C. de S. *et al* (2016). Esses estudos podem fornecer *insights* sobre estratégias, desafios e soluções relacionadas à gestão de resíduos sólidos em empreendimentos de grande porte, embora haja espaço para pesquisas adicionais e aprofundadas no campo, visando preencher essas lacunas de conhecimento.

No contexto do reuso de efluentes sanitários tratados é uma prática comum em diversos países, sendo adotado como uma alternativa estratégica para complementar o abastecimento de água. No Brasil, essa prática tem ganhado popularidade no setor corporativo, embora ainda seja pouco explorada nos sistemas públicos. O reuso de efluentes pode aliviar a pressão sobre mananciais e sistemas de abastecimento existentes, retardando a necessidade de expansão desses sistemas e contribuindo para aumentar a segurança hídrica (Obraczka, M. *et al.*, 2019).

## 2.2. Legislações de referência

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada pela Lei no. 12.305 de 2 de agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto no. 7.404 de 23 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010), estabelece diretrizes, princípios, objetivos e instrumentos relacionados à gestão de resíduos sólidos no Brasil. Em resumo, a PNRS define as responsabilidades tanto dos geradores de resíduos quanto do poder público em relação à gestão e gerenciamento adequados de resíduos sólidos no país. Esta legislação é fundamental para promover a gestão sustentável dos resíduos e proteger o meio ambiente, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e para o desenvolvimento de práticas mais responsáveis em relação aos resíduos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) adota diversos princípios, como a prevenção e precaução, o princípio do poluidor-pagador e do protetor-recebedor, a promoção da ecoeficiência, a

cooperação entre diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e a sociedade, a responsabilidade compartilhada ao longo do ciclo de vida dos produtos e o reconhecimento dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis como bens econômicos e de valor social. E com base nesses princípios, a PNRS estabelece, no artigo 7º, seus objetivos. Esses objetivos visam promover uma gestão mais eficiente e responsável dos resíduos sólidos no Brasil, abordando questões de sustentabilidade, proteção ambiental, geração de empregos e inclusão social.

Complementando, A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece uma série de instrumentos, com destaque para os Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), coleta seletiva, logística reversa, incentivo e formação de cooperativas e associações de catadores, focando em materiais recicláveis e reutilizáveis, e a promoção da conscientização socioambiental. Essas medidas visam melhorar a gestão dos resíduos sólidos no país, com ênfase na sustentabilidade e na responsabilidade compartilhada.

A norma NBR 10004 (ABNT, 2004a) em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, define resíduo sólido como qualquer forma de matéria ou substância, seja no estado semissólido ou sólido, que seja resultante de atividades industriais, hospitalares, comerciais, domésticas, agrícolas, serviços de varrição e outras atividades da comunidade. Esses resíduos têm o potencial de causar poluição ou contaminação ambiental, ressaltando a importância de uma gestão adequada para minimizar esses impactos.

A Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 307, publicada em 5 de julho de 2002, é uma norma brasileira que estabelece critérios, diretrizes e procedimentos para a gestão dos Resíduos de Construção Civil (RCC) no território nacional. Esta resolução foi um marco importante na regulamentação e gestão dos resíduos gerados na construção civil, um setor que historicamente contribui com uma parcela significativa dos resíduos sólidos urbanos (CONAMA, 2002). A Resolução CONAMA nº 307 define as diretrizes para a gestão dos RCC, incluindo questões relacionadas à coleta, transporte, armazenamento, destinação final, responsabilidades dos geradores, entre outros aspectos. Além disso, estabelece a obrigatoriedade de os municípios elaborarem planos de gestão de resíduos da construção civil. Posteriormente, a Resolução CONAMA nº 431/2011 e a Resolução CONAMA nº 448/2012 introduziram modificações e atualizações na Resolução nº 307, incluindo definições mais detalhadas e requisitos adicionais para a gestão dos RCC. Em resumo, é uma norma importante que visa promover a gestão sustentável dos resíduos de construção civil, contribuindo para a redução de consequências ambientais e para a utilização eficiente de recursos. Ela estabelece diretrizes que devem ser seguidas por empresas, municípios e demais partes envolvidas na geração e gestão desses resíduos.

Na prática, e na maioria das regiões e municípios brasileiros, o descarte geralmente ocorre por

meio da deposição em locais clandestinos, como bota-foras clandestinos, terrenos baldios, margens de rios, entre outros. A maior parte desses resíduos é descartada de forma ilegal, frequentemente em áreas próximas a rios e córregos, ou em terrenos abandonados. (Oliveira, E. G. D., & Mendes, O., 2008). O descarte irregular de entulho, de acordo com Mendes *et al.* (2004), acarreta problemas como falta de drenagem, obstrução de galerias e bueiros, assoreamento de córregos e rios, poluição visual e ambiental, bem como a propagação de pragas e vetores.

Por outro lado, a norma NBR 15112 (ABNT, 2004d) define como resíduos volumosos aqueles constituídos principalmente por itens de grande volume que não são removidos pela coleta pública municipal. Isso inclui peças de madeira, móveis, equipamentos domésticos descartados, embalagens grandes, podas e outros itens que não são provenientes de processos industriais.

A norma NBR 15114 (ABNT, 2004f) estabelece os requisitos para a área de reciclagem de Resíduos de Construção Civil (RCC). Essa norma se aplica apenas aos resíduos que eventualmente passem pelo processo de reciclagem e sejam transformados em agregados para uso em projetos de edificações e infraestrutura, desde que tenham passado por um processo de triagem prévio.

A Resolução Conama nº 275 (Conama, 2001a), embora não se aplique diretamente aos resíduos de construção civil, é amplamente utilizada para orientar e estabelecer o código de cores para a coleta seletiva e a identificação dos coletores/caçambas no transporte de resíduos sólidos. Além disso, essa resolução contribui com conceitos que podem ser usados em campanhas de educação socioambiental direcionadas a trabalhadores e partes interessadas (*stakeholders*).

Não obstante, a Resolução Conama nº 283 (Conama, 2001b), embora não esteja diretamente relacionada aos resíduos de construção civil, desempenha um papel especialmente importante em obras de médio e grande porte. Isso ocorre porque construções maiores envolvem um maior número de colaboradores, frequentemente incluindo ambulatórios, ambulâncias e profissionais de saúde dedicados às atividades do canteiro de obras. Os resíduos de serviços de saúde (RSS) apresentam características distintas em relação aos demais, pois envolvem riscos biológicos, agentes patogênicos, instrumentos perfurocortantes, entre outros. O armazenamento e a destinação desses resíduos possuem peculiaridades únicas e requerem atenção especial.

Em relação ao efluente em sua maior parte, o arcabouço legal brasileiro é composto por legislações de caráter mais genérico, nas quais o reuso de efluentes é abordado juntamente com outras questões que são o foco principal da regulamentação. Especificamente em relação a usos considerados mais sensíveis, como consumo humano, recarga de aquíferos e outras destinações que exigem uma qualidade de água superior, o reuso ainda não possui regulamentação específica. Um exemplo disso é a NBR 13969/1997, que se concentra no tratamento complementar e na disposição final dos efluentes líquidos. Apesar disso, ela é vista como um marco importante no caminho para a regulamentação do reuso no Brasil, ao estabelecer classes de uso e parâmetros de qualidade a serem atendidos (Silva Jr,

L. C. S., 2017)

A NBR 13969/1997 é uma norma brasileira que estabelece diretrizes para o tratamento complementar e disposição final de efluentes de sistemas locais de tratamento com tanques sépticos principalmente em áreas sem acesso a redes coletoras de esgoto de grande porte, promovendo práticas que protegem o meio ambiente e os recursos hídricos (ABNT, 2017). Além disso, a NBR 13969/1997 delinea padrões para múltiplos usos do esgoto tratado, baseados na exigência da qualidade para cada aplicação. Por exemplo, após tratamentos como filtração, cloração e desinfecção do efluente sanitário, podem ser reutilizados em lavagem de carros, pisos, umectação de vias e irrigação de jardins.

As legislações de gestão de resíduos e efluente sanitário desempenham papel importante na promoção de práticas adequadas de manejo e descarte de resíduos e efluentes, além de estabelecer critérios para o transporte e destinação correta de resíduos e reutilização do efluente após o tratamento.

### **3. METODOLOGIA**

A pesquisa tem uma abordagem quantitativa e caracteriza-se como exploratória, concentrando-se em um estudo de caso que analisará a variação dos indicadores de gestão de resíduos sólidos e descarte efluentes ao longo de 24 meses durante a construção da Usina Termelétrica UTE GNA II (outubro/2021 a setembro/23), em comparação com as mesmas fases, projeto e indicadores da UTE GNA I (abril/2018 a março/2020). A pesquisa tem como objetivo propor medidas e melhorias com base em princípios cooperativos, identificar as causas raízes dos problemas de forma sistematizada e monitorar e avaliar os resultados em colaboração com a organização. De acordo com Yin (2005), o estudo de caso é apropriado quando o pesquisador busca investigar como e por que uma série de eventos ocorre e quando o foco está em fenômenos contemporâneos inseridos em um contexto da vida real.

A experiência adquirida durante a construção da UTE GNA I oferece um valioso conjunto de ferramentas e conhecimentos que podem ser aplicados na construção da UTE GNA II. Dado que ambos os empreendimentos compartilham semelhanças significativas, incluindo o projeto estrutural, a construção civil e as mesmas empresas envolvidas, essa oportunidade se apresenta propícia para uma abordagem sistemática e focada na origem dos problemas de gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes.

#### **3.1. Análise dos indicadores**

A análise dos indicadores do projeto envolve a coleta de dados sobre a quantidade de resíduos sólidos e o volume de efluentes gerados mensalmente, relacionados ao cronograma das fases do

empreendimento. Será criada uma linha do tempo que mapeará os tipos predominantes de resíduos destinados em cada fase, além do aumento do número de empregados contratados. Para realizar essa análise, serão quantificados e identificados os tipos de resíduos gerados, utilizando o banco de dados disponível sobre os resíduos sólidos da construção da UTE GNA I.

A identificação das fases da construção da UTE GNA I norteou o planejamento das ações e na tomada de decisões para o gerenciamento da construção da UTE GNA II. A divisão das etapas de acordo com o cronograma permitiu uma alocação eficiente de recursos e maximizando os esforços. Isso facilitou a gestão de marcos importantes, como a supressão de vegetação, terraplanagem, estaqueamento, concretagem das bases das caldeiras, turbinas e torre de resfriamento, preenchimento da torre de resfriamento, desembarque das peças da termelétrica, verticalização, soldagem, montagem, comissionamento e desmobilização.

Durante os 24 meses de implementação do projeto, nem todas as fases mencionadas anteriormente ocorreram. No entanto, é importante ressaltar que houve contribuições significativas das fases que geraram a maior quantidade de resíduos de grande volume, das quais destacam-se:

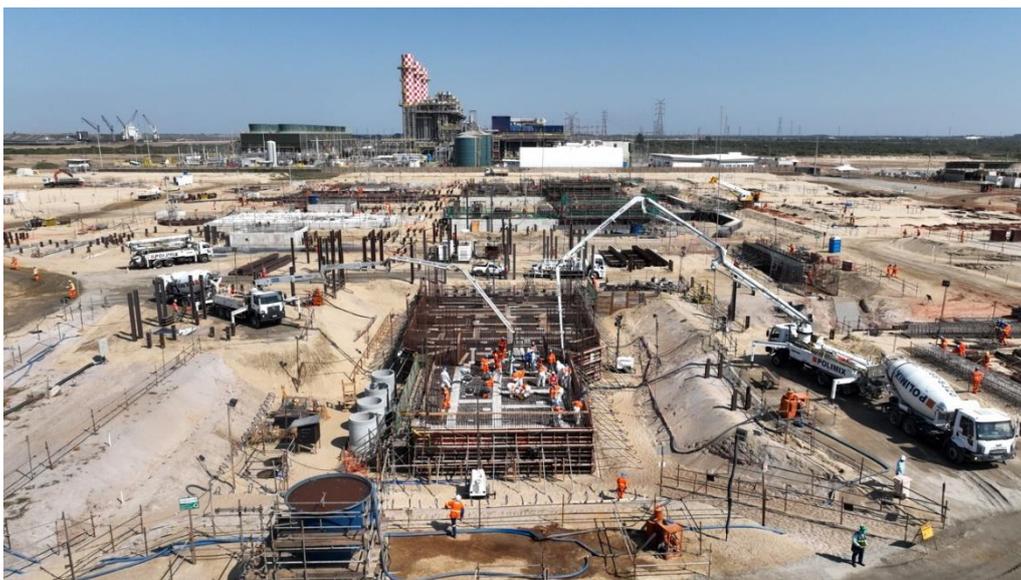
**Estaqueamento:** A atividade de estaqueamento ocorre após a supressão e terraplanagem. Nessa fase, os perfis metálicos são cravados no solo com o auxílio de um bate-estaca para garantir a sustentação do terreno, sendo um elemento fundamental na construção. Durante essa etapa do cronograma, há uma quantidade significativa de sobras de perfis metálicos de diversos tamanhos (**Figura 1**). Esses materiais foram temporariamente armazenados e posteriormente encaminhados para uma empresa de reciclagem de metais. Vale ressaltar que a construtora assumiu toda a responsabilidade financeira pela coleta, transporte e destinação dos resíduos de metal. A contratante, por sua vez, ficou encarregada da fiscalização e da gestão dos indicadores relacionados a esses resíduos.

Figura 1 - Atividade de estaqueamento



Concretagem das bases das caldeiras, turbinas e torre de resfriamento: Essa atividade envolve a criação das bases de sustentação para esses equipamentos. Para realizar essa tarefa, são utilizadas grandes quantidades de concreto, que é derramado nas formas previamente preparadas, envolvendo a armadura de aço. Essa operação, chamada, “grandes concretagens” ocorreu durante vários dias que se estendia por toda noite, com isso garantiu uma cura ideal do concreto, sem interrupções (**Figura 2**). Durante esse processo, ocorre a geração expressiva de resíduo de concreto/entulho provenientes da limpeza das betoneiras, bombas de concreto, desforma e demais atividades relacionadas à concretagem.

Figura 2 - Atividade das grandes concretagens



Fonte: Gás Natural Açu - GNA

Transporte dos equipamentos: Os equipamentos da UTE GNA I e UTE GNA II vieram por navios, contornando a complexidade representada pelo transporte rodoviário de equipamentos de grandes dimensões e peso, reduzindo assim, tempo, operações especiais de transporte, custos, estresse das rodovias e impactos às comunidades do entorno. O navio, uma vez atracado no terminal multicargas (T-Mult), parte da estrutura do Porto do Açu, o caminho das peças até nossa obra se resumiu ao curto trajeto de 3 quilômetros (**Figura 3**). A maior parte dos equipamentos foram transportados dentro de caixas de madeira e com lonas, para assim, não impactar em sua integridade e

garantir o melhor manuseio. Essas peças e equipamentos foram armazenados em um canteiro até sua instalação (**Figura 4**).

Figura 3 - Transporte das peças e equipamentos do T-MULT até a GNA



Fonte: Gás Natural Açú - GNA

Figura 4 - Vista superior da área do canteiro de obras de armazenamento das peças e equipamentos



Fonte: Gás Natural Açú - GNA

Preenchimento da torre de resfriamento: O componente conhecido como colmeia ou enchimento de torre de resfriamento funciona acelerando a dissipação de calor, aumentando o tempo de contato entre a água e o ar. Isso é alcançado através da formação contínua de gotas e filmes de água na torre, facilitando a transferência de calor do fluido para o ar. O preenchimento da torre de

resfriamento, é feito de polipropileno (PP), é uma estrutura em forma de grade, composta por lâminas verticais dispostas em ângulos, criando uma série de canais que permitem que o ar flua através deles. Esse projeto é elaborado para maximizar a área de contato entre o ar e a água, o que promove uma troca eficiente de calor, resfriando a água que circula na torre (**Figura 5** e **Figura 6**). O polipropileno é o material de escolha devido à sua durabilidade, resistência química e capacidade de suportar exposição constante à água salgada e ambientes corrosivos. Além disso, ele é leve, fácil de fabricar e tem um bom desempenho térmico. Adicionalmente, as sobras desse material necessitam de um armazenamento temporário adequado antes de sua destinação final, por ser volumoso, ocupa um espaço considerável.

Figura 5 - Colmeias da torre de resfriamento.



Fonte: Gás Natural Açú – GNA

Figura 6 - Torre de resfriamento da UTE GNA II



Fonte: Gás Natural Açú - GNA

### 3.2. Central de Triagem de Resíduos

A central de triagem de resíduos foi planejada desde o início da fase de construção da UTE GNA II, tornando sua viabilização e implementação possível. A área ocupada pela central abrangeu aproximadamente 340m<sup>2</sup> e foi dividida em três segmentos distintos: 1. Triagem/separação + acondicionamento de fardos: Essa área é destinada à triagem e separação dos resíduos, bem como ao acondicionamento de fardos; 2. Área de armazenamento de resíduos Classe I/Perigosos: Nesta seção, são armazenados os resíduos considerados de Classe I ou perigosos; 3. Área de acondicionamento de materiais: Essa área é utilizada para o acondicionamento de materiais e equipamentos necessários para a gestão de resíduos.

A construção da central teve início em março de 2022, com o objetivo de reduzir os custos de montagem. Foi planejada a reutilização máxima de materiais provenientes da desmobilização da UTE GNA I, incluindo madeira, ferragem, grampos, restos de entulho, corpos de prova, blocos, telhas e tubos *roll* de andaime (**Figura 7 e Figura 8**).

A operacionalização da central de triagem de resíduos teve início em julho de 2022 (**Figura 9 e Figura 10**). Recursos específicos foram mobilizados para atender às necessidades dessa atividade, incluindo: 1 prensa com capacidade de 10 toneladas, 2 operadores, 1 veículo com carroceria, paleteira, balança e materiais para amarrar os fardos. Os operadores da central têm uma rotina que envolve a coleta de resíduos tanto nas áreas de construção quanto nas áreas administrativas, abrangendo os empreendimentos em operação, como a UTE GNA I e o Terminal de Gás Natural Liquefeito.

Os resíduos recicláveis são transportados para a central e, a partir daí, passam por um processo de triagem. Os plásticos são separados com base em sua composição (rígidos, flexíveis, PET etc.), enquanto os papéis são divididos entre papelões e papéis de escritório. Os resíduos que não foram devidamente separados são descartados nos locais apropriados. A própria central conta com uma caçamba de 5m<sup>3</sup> para acomodar resíduos não recicláveis (rejeitos), que podem ser eventualmente descartados. Os operadores acondicionam os resíduos segregados em big bags até que alcancem o volume apropriado para a compactação (**Figura 11**).

Quando os fardos atingem o volume necessário para serem transportados, é mobilizado um caminhão-caçamba equipado com uma garra hidráulica para recolher os fardos e acomodá-los da melhor forma possível, otimizando o espaço do caminhão. Os fardos de papéis e plásticos são transportados juntos no mesmo veículo (**Figura 12**).

Figura 7 - Reaproveitamento de materiais da UTE GNA I



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

Figura 8 - Separação dos seguimentos e verticalização dos blocos



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

Figura 9 - Vista frontal da Central de triagem de resíduos operacional



Fonte: Gás Natural Açú – GNA

Figura 10 - Vista superior da localização da central de triagem de resíduos (seta vermelha) na UTE GNA II



Fonte: Gás Natural Açú – GNA

Figura 11 - Resíduo de plástico sendo compactado na prensa hidráulica



Fonte: Autor e Gás Natural Açu – GNA

Figura 12 - Coleta e transporte dos fardos e acondicionamento em caminhão



Fonte: Autor e Gás Natural Açu – GNA

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análise dos dados

Para a coleta de dados, as seguintes variáveis foram utilizadas:

- Número de caçambas transportadas por empreendimento (**Tabela 1 e Gráfico 1**);
- Peso de resíduos (toneladas) destinados por empreendimento (**Tabela 2 e Gráfico 2**);
- Número de coletas de efluentes descartados externos por empreendimento (**Tabela 3**);
- Volume (m<sup>3</sup>) de efluentes destinados externamente por empreendimento (**Tabela 4 e Gráfico 3**);
- Destinação dos resíduos sólidos (tonelada) por empreendimento (**Tabela 5 e Gráfico 4**).

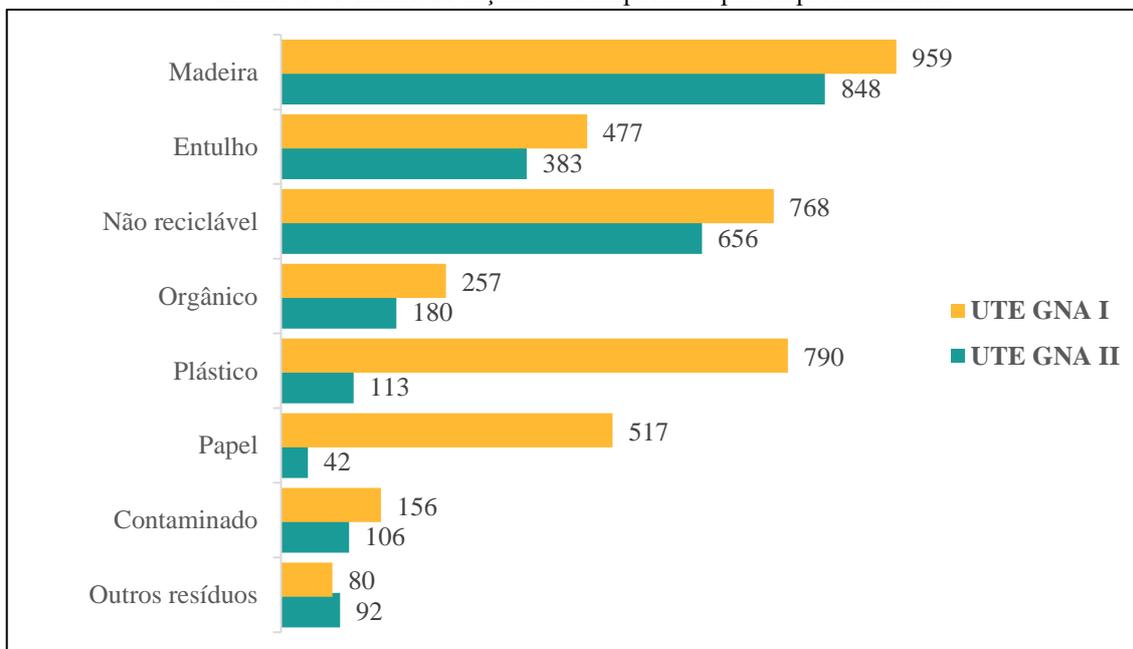
Como mencionando anteriormente, foram comparados os primeiros 24 meses de construção da UTE GNA I (abril/18 a março/20) e UTE GNA II (outubro/21 a setembro/23) para análise e avaliação.

Tabela 1 - Número de caçambas transportadas por empreendimento

Tipo de resíduo	UTE GNA I	UTE GNA II
Madeira	959	848
Entulho	477	383
Não reciclável	768	656
Orgânico	257	180
Plástico	790	113
Papel	517	42
Contaminado	156	106
Outros resíduos	80	92
Total	4.004	2.420

Fonte: produzido pelo autor.

Gráfico 1 - Número de caçambas transportadas por empreendimento.



Fonte: produzido pelo autor.

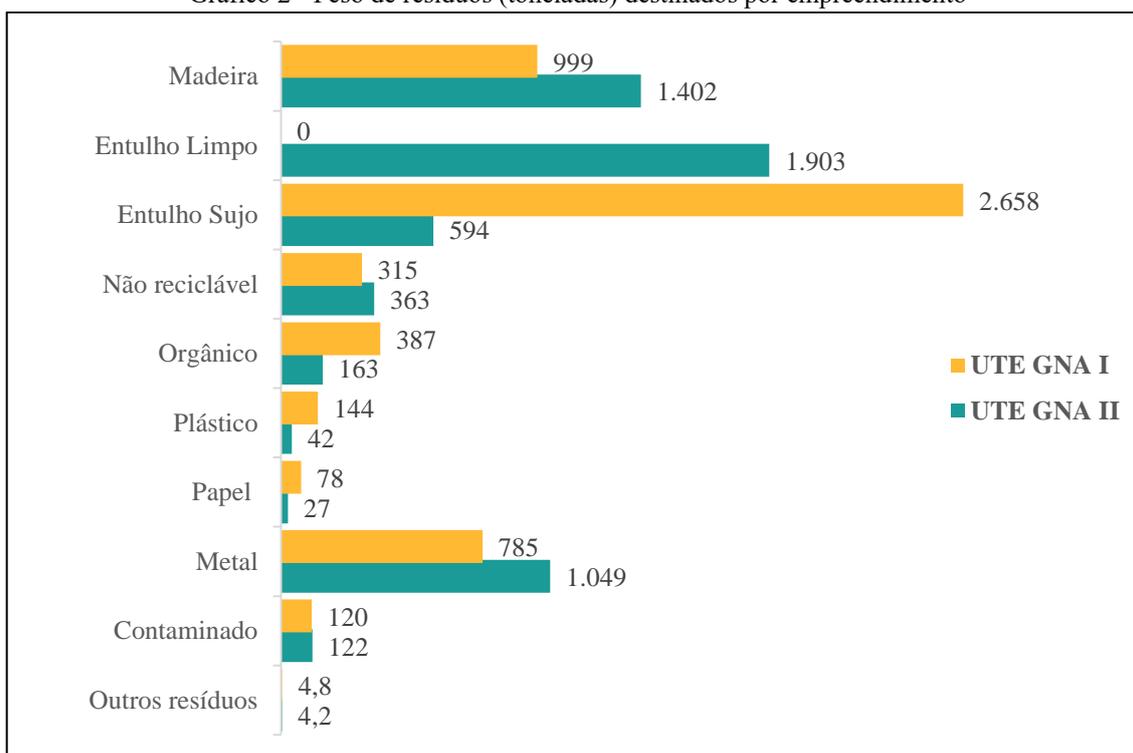
Tabela 2 - Peso de resíduos (toneladas) destinados por empreendimento

Tipo de resíduo	UTE GNA I	UTE GNA II
Madeira	999	1.402
Entulho Limpo	0	1.903
Entulho Sujo	2.658	594
Não reciclável	315	363
Orgânico	387	163
Plástico <sup>1</sup>	144	42
Papel <sup>1</sup>	78	27
Metal <sup>2</sup>	785	1.049
Contaminado	120	122
Outros resíduos	4,8	4,2
Total	5.489	5.670

Fonte: produzido pelo autor.

- 1- A redução nos resíduos de papel e plástico da UTE GNA II é devido ao maior período de estocagem antes da pesagem.
- 2- O metal foi contabilizado apenas em termos de peso e destinação, enquanto a coleta e o transporte ficaram sob a responsabilidade da construtora dos projetos da UTE GNA I e UTE GNA II.

Gráfico 2 - Peso de resíduos (toneladas) destinados por empreendimento



Fonte: produzido pelo autor.

Tabela 3 - Número de coletas de efluentes descartados externos por empreendimento

Tipo de efluente	UTE GNA I	UTE GNA II
Sanitário	1.005	416
Oleoso	14	11
Óleo lubrificante usado	13	8
Total	1.032	435

Fonte: produzido pelo autor.

Tabela 4 – Volume (m<sup>3</sup>) de efluentes destinados externamente por empreendimento

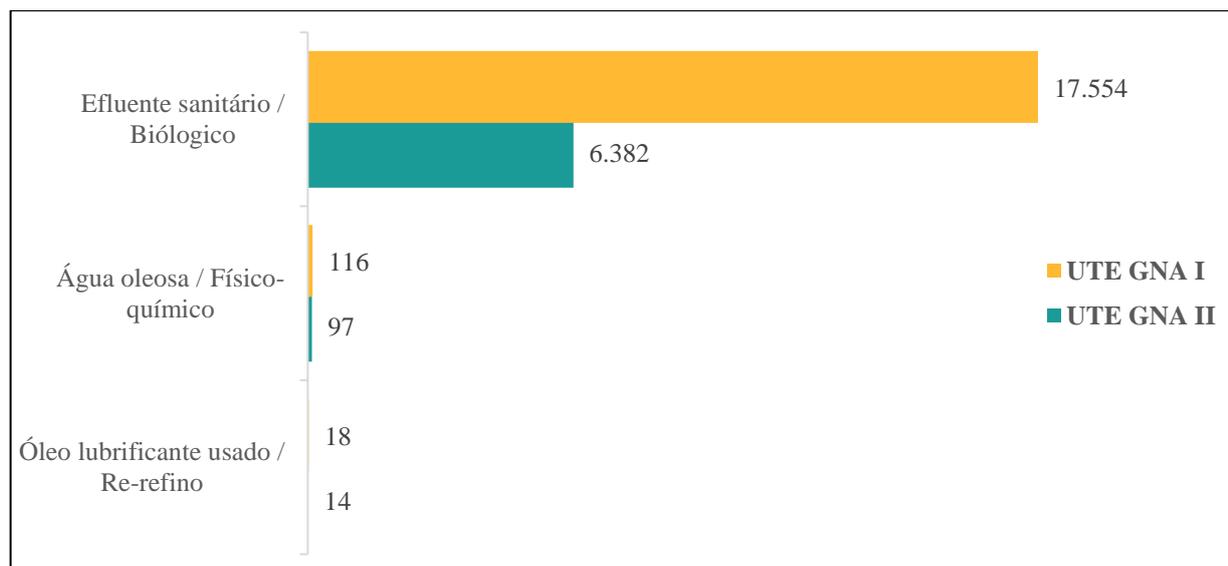
Tipo de efluente	UTE GNA I	UTE GNA II	Tratamento
Sanitário	17.554	6.382	Biológico
Oleoso	116	97	Físico-químico
Óleo lubrificante usado	18	14	Re-refino
Total	17.688	6.493	

Fonte: produzido pelo autor.

Tabela 5 - Destinação dos resíduos sólidos por empreendimento (tonelada).

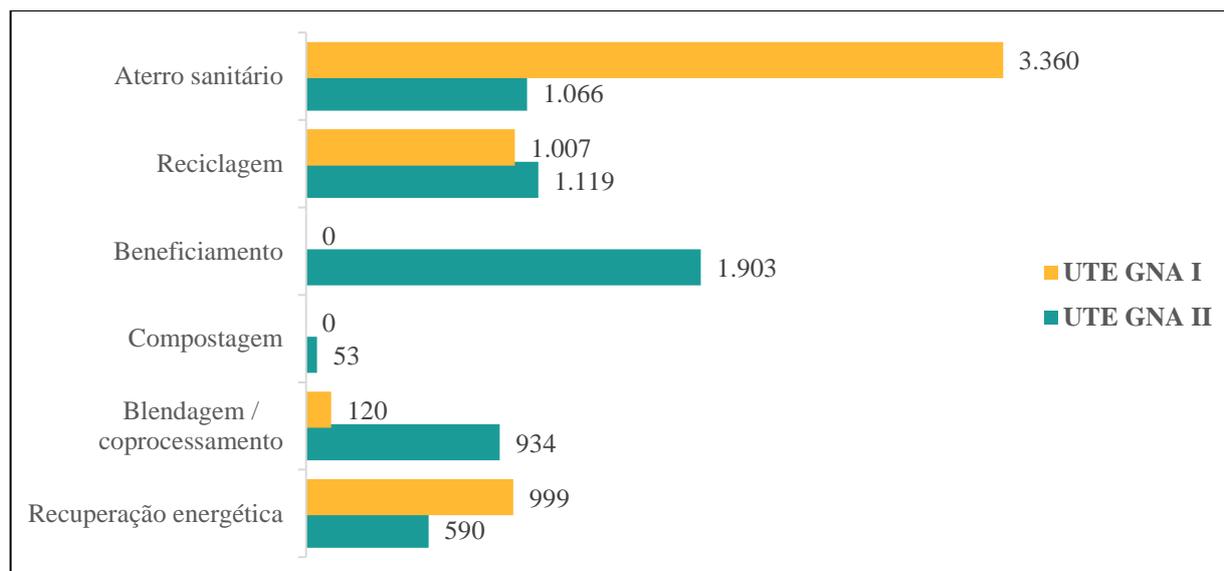
Tipo destinação	UTE GNA I	UTE GNA II	Tipo de resíduo destinado
Aterro sanitário	3.360	1.066	Não reciclável; Orgânico; Entulho sujo
Reciclagem	1.007	1.119	Papel; plástico; metal.
Beneficiamento	0	1.903	Entulho limpo
Compostagem	0	53	Orgânico
Recuperação energética	999	590	Madeira
Blendagem/Coprocessamento	120	934	Contaminado; Madeira
Outras destinações	4,8	4,2	Resíduo de saúde; tambor contaminado; pneu
Total	5.489	5.670	

Fonte: produzido pelo autor.

Gráfico 3 – Volume de efluentes (m<sup>3</sup>) destinados externamente e tratamento.

Fonte: produzido pelo autor.

Gráfico 4 – Destinação dos resíduos sólidos por empreendimento (tonelada).



Fonte: produzido pelo autor.

#### 4.1. Ações de melhoria do gerenciamento de resíduos

A Educação Ambiental desempenhou um papel fundamental neste projeto. Os colaboradores passam por processos de integração ambiental, onde recebem treinamento introdutório. Nesse primeiro contato, eles têm a oportunidade de compreender com detalhes as regras relacionadas à segregação, armazenamento e limpeza e organização de todas as áreas do empreendimento. Essa etapa é de importância para o sucesso da central de triagem de resíduos, visto que os resíduos bem segregados otimizam o tempo operacional, resultando em maior produtividade. De acordo com Verri, L. B. (2010), a educação ambiental é uma ferramenta importante para equipar indivíduos com o entendimento e as habilidades necessárias para participar efetivamente da resolução de problemas ambientais, o que se reflete na melhoria dos processos e na sustentabilidade do projeto.

Após a análise dos indicadores relativos à destinação final dos resíduos da UTE GNA I, a próxima etapa envolveu a análise individual de cada tipo de resíduo e a elaboração de ações de melhorias específicas. Para cada categoria de resíduo, foi desenvolvido um plano de ação destinado à UTE GNA II. Abaixo estão os planos de ação relacionados a cada tipo de resíduo:

**Entulho:** devido ao seu volume, peso e método de destinação, é o tipo de resíduo mais significativo na construção civil. Tanto na construção da UTE GNA I quanto na UTE GNA II, houve um pico considerável na geração desse tipo de resíduo. Ao analisar o cronograma de engenharia e identificar os meses em que as grandes concretagens ocorreriam, foi decidido desenvolver um plano de ação visando o máximo reaproveitamento desse material na destinação final. O receptor final desse resíduo exigiu que fosse preparado de acordo com critérios de beneficiamento, que envolvem a trituração em tamanhos específicos para possibilitar a comercialização (**Figura 13 e Figura 14**).

Para atender a esses critérios de beneficiamento, foi necessário realizar a segregação dos entulhos no local, os limpos sem ferragens vão para beneficiamento e os misturados com outros materiais são destinados para aterro sanitário. Como resultado desses esforços, o entulho foi aceito para beneficiamento durante a fase de maior geração desse resíduo no empreendimento.

Figura 13 - Triturador de entulho limpo na destinadora em Macaé



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

Figura 14 – Entulho limpo triturado na destinadora



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

**Plástico:** Os resíduos de plástico tiveram um impacto relevante nos indicadores da UTE GNA I, e a implementação da central de triagem de resíduos foi uma medida cirúrgica para tratar esse

problema. Além disso, uma ação que trouxe resultados expressivos foi a campanha de redução do uso de copos descartáveis. A campanha para reduzir o uso de copos descartáveis foi discutida amplamente com a liderança e contou com a adesão de todos os envolvidos. Os copos descartáveis nas frentes de serviço foram substituídos por garrafas de uso individual, e nos escritórios administrativos, os colaboradores passaram a levar suas próprias garrafas e xícaras para suas estações de trabalho. A oferta de copos descartáveis foi limitada a visitantes, e as iniciativas de educação ambiental continuaram a ser promovidas de forma constante.

A compactação dos resíduos plásticos de forma geral, acrescentou um valor agregado aos fardos para sua comercialização direta às recicladoras, ou seja, ao invés da GNA pagar pela destinação, a companhia recebe um valor que é subtraído da medição.

Figura 15 - Garrafas da campanha de redução de copos descartáveis



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

Figura 16 - Fardos de plástico de diversos tipos



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

**Papel/papelão:** A segregação dos resíduos de papel foi uma estratégia para lidar com esses materiais relativamente leves, mas que ocupam muito espaço nas caçambas. A central de triagem permitiu a compactação desses materiais em fardos, tornando-os mais fáceis de armazenar e transportar. Além disso, a valorização desses fardos, semelhante ao que foi feito com o plástico, possibilitou a destinação direta para a reciclagem e retorno financeiro.

Figura 17 - Fardos de papel e papelão



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

**Não reciclável:** A falta de segregação nos canteiros de obras, aumenta o indicador de geração dos resíduos não recicláveis. Quando a central de triagem começou a operar, ficou evidente que o descarte inadequado estava ocorrendo, com casos de resíduos recicláveis sendo colocados erroneamente nas áreas de armazenamento de não recicláveis. Atualmente, a maior geração desse tipo de resíduo está relacionada ao descarte de papel utilizado nos banheiros, lonas tramadas e material de isolamento térmico como lã de rocha e fibra de vidro. Para esses materiais, ainda não foi encontrada uma tecnologia viável para reciclagem após o uso. Portanto, a destinação adequada para esses resíduos não recicláveis é o aterro sanitário.

**Madeira:** A madeira se destacou como um dos principais resíduos volumosos gerados tanto na implantação da UTE GNA I quanto na UTE GNA II. Isso ocorre porque os maiores equipamentos, como turbinas, condensador, caldeiras, geradores, transformadores, *pipe racks*, e outros, são transportados em caixas de madeira, o que resulta em uma geração significativa. Essa geração expressiva de madeira cria desafios relacionados ao armazenamento temporário e à disposição final. Para lidar com esse resíduo, todas as áreas envolvidas nas frentes de atividades são orientadas a reaproveitar a madeira. Isso pode envolver a fabricação de móveis, como bancos, cadeiras, mesas, armários, ou seu uso no processo construtivo, como formas, escoras e apoio para peças, entre outros. Após o reuso, o material é fracionado com o uso de serra elétrica ou motosserra (**Figura 18**) para facilitar o acondicionamento em caçambas. A destinação final desse resíduo varia e pode incluir a recuperação energética por meio da queima em forno de cerâmica, blendagem para coprocessamento ou doação para instituições, prefeituras, artesãos e outros beneficiários que possam aproveitar o material de forma sustentável. Um exemplo dessa prática é a doação de madeiras da UTE GNA II a uma artesã local, que as transforma em peças de artesanato. Estas peças são posteriormente utilizadas pela própria GNA como brindes em feiras, simpósios e outros eventos, destacando o compromisso da companhia com a sustentabilidade e o apoio à economia local (**Figura 19**).

Figura 18 - Fracionamento das madeiras



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

Figura 19 - Artesanatos confeccionados por madeiras doadas para artesã local



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

**Classe I/Contaminado:** Esses resíduos apresentam um dos tipos mais onerosos financeiramente, com a destinação podendo custar quase quatro vezes mais em comparação com resíduo não reciclável, principalmente devido a sua tecnologia. Os materiais contaminados por óleo, graxa, produtos químicos perigosos, solos contaminados e outros materiais similares exigem diretrizes e práticas diferenciadas como o armazenamento em área segura, coberta, com piso impermeabilizante, controle de acesso restrito e outras exigências (**Figura 20**). A manutenção adequada dos equipamentos é fundamental para prevenir vazamentos e minimizar a geração desses resíduos.

A destinação final desses resíduos geralmente envolve o envio para aterros da Classe I ou a preparação para a fabricação de blends para o coprocessamento, sujeita a uma avaliação preliminar por parte do receptor para garantir que os materiais contaminados sejam tratados de maneira segura e ambientalmente responsável.

Figura 20 – Resíduos Classe I (contaminados) armazenados em local apropriado



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

**Orgânico:** Na implantação da UTE GNA I, a área de armazenamento para resíduos orgânicos era pequena, o que resultava em coletas diárias e na destinação desses resíduos para aterros sanitários, devido à falta de receptores de compostagem na região. Na UTE GNA II, a área de armazenamento refrigerada foi ampliada, o que reduziu a frequência das coletas. É importante mencionar que no pico das obras foram servidas aproximadamente de 5 mil refeições por dia.

Além das ações estruturais imediatas, também foram realizadas campanhas de conscientização sobre o desperdício de alimentos e a inclusão de um novo receptor, os resíduos orgânicos passaram a ser destinados para compostagem, o que é uma mudança positiva que merece destaque (**Figura 21** e **Figura 22**).

Figura 21 - Resíduo orgânico chegando no destinador



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

Figura 22 - Resíduo orgânico em processo de compostagem



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

**Metal:** É relevante destacar que a gestão dos resíduos de sucata metálica esteve sob responsabilidade da construtora, que assumiu os custos associados à coleta e destinação. Consequentemente, os dados referentes à coleta desses de metal não foram contabilizados, apenas a destinação.

**Demais resíduos:** Os outros tipos de resíduos, como tambor, infectantes, farmacêuticos, vidro, eletrônico, lâmpada, bateria, pneu, entre outros, não foram classificados como os mais volumosos nos indicadores analisados e, portanto, não foram alvo de ações de melhoria individuais, como as mencionadas anteriormente. Isso destaca a priorização das medidas de gestão de resíduos com base nos tipos de resíduos mais impactantes no contexto da construção das usinas.

#### 4.2. Ações de melhoria do gerenciamento de efluentes

**Efluente sanitário:** A gestão dos efluentes sanitários representou um desafio significativo na UTE GNA I. No entanto, diversas medidas foram implementadas para diminuir tanto a frequência das coletas quanto o volume dos efluentes. A construtora adquiriu uma estação de tratamento de efluentes (ETE) para o canteiro de obras, mas, por questões contratuais, sua operação não foi totalmente integrada ao projeto. Isso resultou em um aumento substancial na quantidade de efluente destinado externamente, bem como nas coletas realizadas. A ETE é responsável pelo tratamento de apenas uma parte dos efluentes gerados provenientes dos escritórios administrativos e refeitório, enquanto a fração oriunda dos banheiros containers é encaminhada para destinação externa em Macaé por uma empresa licenciada (**Figura 23**). A principal diferença nos empreendimentos é que, na UTE GNA II, a construtora autorizou o tratamento de uma maior parte do efluente sanitário, resultando em uma redução significativa nas coletas e no volume destinado externamente.

Após o processo de tratamento na ETE, o efluente é reutilizado para umectação das vias não pavimentadas dentro do canteiro de obras, reduzindo assim a propagação de material particulado, como a poeira. O efluente tratado é monitorado através de análises periódicas conforme a NBR 13969/2017. Essa boa prática reduziu o custo da destinação externa e da utilização de água subterrânea ou do Rio Paraíba do Sul para serem utilizadas para essa finalidade, contribuindo significativamente para a economia de recursos hídricos.

Outro cenário avaliado foi a capacidade das caixas de dejetos dos banheiros containers, que era insuficiente para o fluxo de usuários e resultava em coletas frequentes para evitar vazamentos. Para lidar com essa questão na UTE GNA II, foram instaladas caixas de dejetos maiores, de 5 e 7m<sup>3</sup>, externas aos banheiros (**Figura 25**). Isso evitou vazamentos e contribuiu para a redução das coletas de efluentes. Além disso, os trabalhadores receberam treinamento e orientações sobre o uso correto dos banheiros sanitários, com o objetivo de minimizar o desperdício de água.

Figura 23 - Estação de Tratamento de Efluente biológico



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

Figura 24 – Água de reuso na umectação de vias não pavimentadas



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

Figura 25 – Caixas de dejetos externa ao banheiro container



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

**Óleo lubrificante usado:** Na UTE GNA II, a possibilidade de venda/comercialização direta do óleo usado para empresas de re-refino foi avaliada. Isso exigiu a identificação de possíveis compradores, o enquadramento regulatório no segmento da organização para realizar essa atividade de comercialização e a implementação do processo de venda. Essa mudança demonstra um foco na maximização do valor dos resíduos, transformando o óleo usado em um recurso que pode gerar receita, ao mesmo tempo em que reduz os custos associados à sua destinação (**Figura 26**).

Figura 26 – Coleta do óleo lubrificante usado



Fonte: Autor e Gás Natural Açú – GNA

## 4.2. Discussão dos resultados

A análise dos indicadores da construção da UTE GNA I forneceu uma base sólida para o desenvolvimento do projeto na UTE GNA II. Os principais tipos de resíduos identificados foram papel, plástico, orgânico, entulho, não reciclável, contaminado e madeira. A partir desse levantamento, foi possível elaborar planos de ação específicos para cada tipo de resíduo, visando melhorias em sua gestão.

A construção da central de triagem de resíduos interna à UTE GNA II foi uma das ações mais importantes, especialmente no que se refere aos resíduos de papel e plástico. A central de triagem permitiu controlar o transporte desses recicláveis, reduzindo o número de caçambas transportadas.

Durante o período de 24 meses de análise, a UTE GNA II (de outubro/2021 a setembro/2023) apresentou uma quantidade superior de resíduos gerados em relação a UTE GNA I (de abril/2018 a março/2020). No entanto, graças às medidas adotadas, foi possível reduzir o transporte de 40% de forma geral. Para as coletas de plástico e papel, na UTE GNA I, foram retiradas 790 caçambas de plástico e 517 de papel, em contraste com a UTE GNA II, onde a coleta foi de 113 caçambas de plástico e 42 de papel, representando uma redução de 88%, que resultou em economia nos custos de transporte, redução no consumo de combustível e atenuação dos impactos socioambientais. Esses benefícios se refletiram na diminuição do tráfego nas comunidades locais e nas rodovias adjacentes.

A UTE GNA I enfrentou desafios na gestão dos resíduos, com o entulho sendo o principal responsável pelo volume destinado ao aterro sanitário. Em contrapartida, a UTE GNA II implementou práticas de segregação e beneficiamento de entulho, alcançando a redução de 68% na quantidade de resíduos destinados ao aterro sanitário, ao longo de 24 meses de observação. Comparativamente, na soma da destinação para aterro sanitário dos dois empreendimentos, a UTE GNA II foi responsável pela contribuição de apenas 24% do total, enquanto a UTE GNA I representou 76%, evidenciando o sucesso das estratégias adotadas.

A gestão de efluentes sanitários na UTE GNA II demonstra como a análise de indicadores e a implementação de ações estratégicas baseadas na experiência anterior podem gerar melhorias significativas. A UTE GNA I lidou com obstáculos relacionados ao gerenciamento de efluentes sanitários, principalmente relacionado ao mau uso dos sanitários, desperdício de água, que resultaram em coletas frequentes e um alto volume de transporte de efluentes. Na UTE GNA II, a empresa implementou várias mudanças desde o início do projeto, considerando as lições aprendidas com a UTE GNA I. Essas mudanças culminaram em uma redução notável de 59% no número de caminhões/coletas de efluentes sanitários e 64% de redução do volume destinado externamente em comparação com a UTE GNA I.

## 5. CONCLUSÃO

Durante o período de 24 meses analisado, a UTE GNA I teve um gasto total de R\$ 4.188.635,58 com o transporte e a destinação de resíduos e efluentes. Por outro lado, a UTE GNA II gastou um total de R\$ 2.953.693,83 para a mesma finalidade. A UTE GNA II também gerou receitas a partir da venda de óleo lubrificante usado e de fardos de papel e plástico, totalizando R\$ 24.503,35.

Os custos operacionais da central de triagem de resíduos durante esse período foram de R\$ 217.017,17, abrangendo gastos com operadores, equipamentos (prensa e paleteira), veículo e materiais.

Considerando a receita obtida com a venda de óleo lubrificante usado e de fardos de papel e plástico, juntamente com os custos da central de triagem e os gastos com transporte e destinação de resíduos e efluentes, o custo total efetivo para a UTE GNA II foi de R\$ 3.146.207,65.

Como resultado, identificou-se uma economia de R\$ 1.042.427,93 nos custos, equivalente a uma redução de 25% em relação ao orçamento inicial previsto para o gerenciamento de resíduos e efluentes na construção da UTE GNA II. Essa economia é particularmente notável considerando-se que a expectativa era de que os custos seriam iguais ou até superiores aos da UTE GNA I, dada a inflação e o maior porte do empreendimento.

É importante destacar que, nos projetos de grandes empreendimentos no Porto do Açu, a logística para a destinação de efluentes sanitários pode ser bastante custosa. Nesse contexto, a inclusão de uma estação de tratamento de efluentes (ETE) no orçamento do projeto oferece múltiplas vantagens. Além de minimizar a necessidade de coleta e destinação externa dos efluentes, promove uma significativa economia no consumo de água para umectação de vias não pavimentadas no controle de poeira/material particulado e outras atividades. No período analisado nos projetos da UTE GNA I e UTE GNA II, mais de 19 milhões de litros de efluente tratado foram reutilizados para umectação de vias, reduzindo assim a extração de água doce subterrânea ou do Rio Paraíba do Sul.

Um projeto que integra práticas avançadas de gerenciamento de resíduos e efluentes desde o início da construção se destaca. A UTE GNA II exemplifica bem esse conceito, onde o conhecimento adquirido com a UTE GNA I facilitou um alinhamento de expectativas e objetivos já na reunião de abertura do contrato com a construtora.

Além dos benefícios financeiros, o projeto também promoveu uma redução no consumo de diesel, consequência da diminuição no transporte de resíduos e efluentes. Isso resultou em menos tráfego de caminhões pelas comunidades localizadas entre o Porto do Açu e Macaé, contribuindo para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> equivalente no inventário de gases de efeito estufa (GEE) da empresa. É importante destacar também que a central de triagem de resíduos contratou dois colaboradores locais, fomentando emprego e renda no município.

O propósito final do projeto é estabelecer um padrão para outras empresas no Porto do Açu e

região, incentivando a adoção de práticas que aprimorem seus processos internos e fomentem um ciclo de melhoria contínua na gestão dos resíduos sólidos e efluentes tanto da construção quanto da operação de empreendimentos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004a.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15112**: resíduos da construção civil e resíduos volumosos: áreas de transbordo e triagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004d.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, A implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004f.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2022. Disponível em: < <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>>. Acesso em: 15 fev. 2023.

BAPTISTA JUNIOR, Joel Vieira; ROMANEL, Celso. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 5, p. 27-37, 2013.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001**. Estabelece o código de cores a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva de lixo. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, 19 jun. 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2002. Seção 1, p. 95-96.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004. Altera a **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002**, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 ago. 2004. Seção 1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 431, de 24 de maio de 2011**. Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 maio 2011. Seção 1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 448, de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**, do CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jan. 2012. Seção 1.

BRASIL. **Resolução nº 283, de 12 de julho de 2001**. Dispõe sobre o tratamento e destinação final dos resíduos de serviço de saúde. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, out. 2001.

ECONSERVATION. Relatório Semestral de Acompanhamento de Condicionantes. São João da Barra: Gás Natural Açú, p. 65, 2021.

KARPINSK, L. A. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

KRAVCHENKO, G. A.; PASQUALETTO, A.; FERREIRA, E. de M. Aplicação de princípios da ecologia industrial nas empresas moveleiras de Goiás. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 283-294, 2016.

LI, T.-T. *et al.* ESG: Research progress and future prospects. **Sustainability**, v. 13, n. 21, p. 11663, 2021.

MENDES, T. A. *et al.* Parâmetros de uma pista experimental executada com entulho reciclado. In: **Anais da 35ª reunião anual de pavimentação**, 19 a 21 de outubro de 2004, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, v. 19, 2004.

MMX/MPC. Mineração Pesquisa e Comércio LTDA. EIA – **Estudo de Impacto Ambiental do Porto do Açú**. Rio de Janeiro: CAL – Consultoria Ambiental Ltda, 2006.

NAGALLI, André. **Resíduos de construção civil: quantificação e gerenciamento**. Oficina de Textos, 2022.

OBRACZKA, Marcelo *et al.* Reuso de efluentes de tratamento secundário como alternativa de fonte de abastecimento de água no município do Rio de Janeiro. **Sistemas & Gestão**, v. 14, n. 3, p. 291, 2019.

OLIVEIRA, E. G. de; MENDES, O. **Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição: estudo de caso da Resolução 307 do CONAMA**. Disponível em: <https://mac.arq.br/wp-content/uploads/2016/03/estudo-de-caso-contrutora-consciente.pdf>. Acesso em: 13 mar. 23, v. 87, p. C3, 2008.

ORTH, C. M.; BALDIN, N.; ZANOTELLI, C. T. A geração de resíduos sólidos em um processo produtivo de uma indústria automobilística: uma contribuição para a redução. **Gestão & Produção**, v. 21, n. 2, p. 447-460, 2014.

RIBEIRO, L. C. de S. *et al.* Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro. **Nova Economia**, v. 24, p. 191-214, 2014.

SCREMIN, L. B.; CASTILHOS JUNIOR, A. B. de; ROCHA, J. C. Sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, p. 203-206, 2014.

SILVA JR, L. C. S. Panorama do Reuso de Efluentes nas Estações de Tratamento de Esgoto nas Concessionárias de Saneamento da Região Sudeste. **Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Estado do Rio de Janeiro**, 2017.

SION, A. O.; FRANÇA, L. G. ESG: **novas tendências do direito ambiental**. Synergia, 2021.

VAZQUEZ, Enric. Aplicación de nuevos materiales reciclados en la construcción civil. **Seminário de desenvolvimento sustentável e a reciclagem na Construção civil**, v. 4, p. 11-21, 2001.

VERRI, Lewton Burity. **Educação ambiental nas empresas**. Clube de Autores, 2010.

YUAN, Hongping *et al.* A dynamic model for assessing the effects of management strategies on the reduction of construction and demolition waste. **Waste management**, v. 32, n. 3, p. 521-531, 2012.

## ARTIGO CIENTÍFICO 2

### PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DO TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS PARA O PORTO DO AÇU

#### *PROPOSAL TO INTEGRATE THE TRANSPORTATION AND DISPOSAL OF WASTE FOR THE PORT OF AÇU*

Jéssica Rodrigues Neves - IFFluminense/PPEA

Romeu e Silva Neto - IFFluminense/PPEA

#### RESUMO

A modernização dos portos brasileiros, uma resposta estratégica às demandas do comércio globalizado, teve início com a promulgação da Lei de Modernização dos Portos em 1993. Esta legislação abriu caminho para o aumento do investimento privado e a reestruturação da infraestrutura portuária. Em meio a essa transformação, o Porto do Açú se estabeleceu como o maior complexo portuário industrial da América Latina desde sua inauguração em 2014. Localizado em São João da Barra, no norte do estado do Rio de Janeiro, o Porto do Açú foi projetado para ultrapassar as limitações de espaço e capacidade que restringiam outros portos da região Sudeste. Com um calado profundo que acomoda navios de grande porte e uma vasta retroárea, o complexo portuário abriga diversas empresas de vários segmentos e terminais de exportação de commodities, transbordo de petróleo, Gás Natural Liquefeito, bases de apoio offshore entre outras. No entanto, o crescimento e a expansão do Porto do Açú não estão isentos de desafios. Um dos principais é a gestão e a destinação adequada dos resíduos sólidos gerados tanto pelas operações portuárias quanto pelas atividades de construção civil. A complexidade deste desafio é exacerbada pela distância até os locais apropriados para a disposição de resíduos, que se encontram a cerca de 150 km de distância do Porto, o que implica em um planejamento logístico e custos adicionais significativos. Este artigo explora a intersecção entre a modernização legislativa e a evolução do Porto do Açú, destacando a importância de uma estratégia eficaz de gestão de resíduos e sugere recomendações como parte integral do desenvolvimento sustentável do Complexo Portuário do Açú.

**Palavras chave:** Porto do Açú. Gestão de resíduos. Infraestrutura portuária. Sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

*The modernization of Brazilian ports, a strategic response to the demands of globalized trade, began with the enactment of the Port Modernization Law in 1993. This legislation paved the way for increased private investment and the restructuring of port infrastructure. Amid this transformation, the Port of Açu has established itself as the largest industrial port complex in Latin America since its inauguration in 2014. Located in São João da Barra, in the north of the state of Rio de Janeiro, the Port of Açu was designed to overcome the limitations of space and capacity that restricted other ports in the Southeast. With a deep draft that accommodates large ships and a vast retro area, the port complex is home to several companies from various segments and terminals for exporting commodities, transshipping oil, Liquefied Natural Gas, offshore support bases and more. However, the growth and expansion of the Port of Açu is not without its challenges. One of the main ones is the management and proper disposal of solid waste generated by both port operations and construction activities. The complexity of this challenge is exacerbated by the distance to appropriate waste disposal sites, which are around 150 km away from the port, implying significant additional logistical planning and costs. This article explores the intersection between legislative modernization and the evolution of the Port of Açu, highlighting the importance of an effective waste management strategy and suggesting recommendations as an integral part of the sustainable development of the Açu Port Complex.*

**Keywords:** *Port of Açu. Waste management. Port infrastructure. Sustainability.*

## **1. INTRODUÇÃO**

O contexto histórico do desenvolvimento portuário no Brasil, à medida que o crescimento econômico global e a globalização impulsionaram a integração de mercados e a circulação de bens, os portos brasileiros tiveram que se adaptar rapidamente para atender a essas demandas em evolução (Monié e Vidal, 2006). A Lei de Modernização dos Portos de 1993, bem como as subsequentes reformas legislativas, refletiram uma resposta estratégica a essas necessidades, pavimentando o caminho para instalações como o Porto do Açu. Esse desenvolvimento atendeu à necessidade de infraestrutura capaz de acomodar o 'gigantismo naval' e melhorar a eficiência logística, trazendo consigo desafios de sustentabilidade inerentes a grandes projetos de construção.

O desenvolvimento de projetos de infraestrutura portuária exige um intenso aporte de matérias-primas, insumos e mão de obra, mobilizando uma complexa rede logística e econômica. Este processo resulta em uma significativa geração de resíduos sólidos em geral, especialmente em áreas de sensibilidade ambiental, como as zonas litorâneas, onde aspectos terrestres e marítimos interagem. Considerando o transporte hidroviário como o mais eficiente, devido ao seu baixo custo, menor impacto ambiental, e alta capacidade de carga (Colavite & Konishi, 2015), é imprescindível a gestão cuidadosa dos resíduos sólidos para sustentar o crescimento e a modernização dos portos.

O Complexo Portuário do Açú, situado na região Norte fluminense do Estado do Rio de Janeiro, foi identificado como um local estratégico para desenvolvimento portuário, principalmente devido ao seu calado náutico adequado para o atracamento de navios de grande porte e a disponibilidade de uma vasta área contígua para operações logísticas. O empresário Eike Batista, com atuação destacada no setor de mineração, canalizou o projeto e a construção deste empreendimento por meio da EBX Brasil Ltda. As subsidiárias LLX Logística S.A. e MMX Mineração e Metálicos S.A. foram incumbidas de levar adiante a concepção e a execução do complexo, vislumbrando potencializar a infraestrutura logística da região e contribuir para o crescimento econômico local (Rangel, H. C, 2020).

As obras do Porto do Açú tiveram início em novembro de 2007, marcando o começo de uma nova era para a infraestrutura portuária na região Norte fluminense. Entrando em operação em 2014, o porto desde então tem atraído um crescente número de empreendimentos para sua retroárea, que inclui um distrito industrial. Com essa expansão, a geração de resíduos, notadamente os de construção civil, tem sido volumosa e constante (Rangel, H. C, 2020).

O desafio da gestão desses resíduos é amplificado pela logística envolvida em seu descarte apropriado. Considerando que a destinação final adequada desses materiais se encontra a aproximadamente 150 km de distância, na cidade de Macaé, as operações de transporte geram um fator de custo significativo e responsabilidade ambiental. As empresas instaladas na área do Porto do Açú enfrentam, portanto, a necessidade de implementar soluções logísticas eficazes e sustentáveis para o manejo desses resíduos, garantindo sua disposição final de acordo com as normativas ambientais.

Para estabelecer uma base para esta pesquisa, foi realizado um estudo bibliográfico que contempla a evolução dos portos no Brasil, com foco na operação do Porto do Açú que se insere no contexto da modernização portuária e ao mesmo tempo enfrenta desafios, sobretudo no que tange à logística de transporte e destinação de resíduos sólidos provenientes da expansão e operação das empresas integradas ao complexo. A pesquisa conduziu à formulação de recomendações estratégicas para a administração portuária, visando a integração da gestão de resíduos tanto das empresas já estabelecidas quanto das futuras instalações. O objetivo central é aperfeiçoar a logística, promover a minimização de resíduos destinados a aterros sanitários, incentivar o beneficiamento de resíduos de construção civil no próprio local e fomentar o reaproveitamento de materiais entre as empresas.

Adicionalmente, a pesquisa destaca a importância do levantamento de potenciais novos receptores de resíduos na região e a necessidade de fornecer suporte jurídico para este público, assegurando uma gestão de resíduos de forma legalizada e sustentável.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. Breve contextualização da reforma legislativa, dinâmica de modernização dos portos no Brasil e enquadramento do Porto do Açú.**

A escalada do crescimento econômico global, notadamente a partir da década de 1990, aliada à aceleração da globalização, inaugurou uma era de integração intensificada entre produção, consumo e circulação de bens em diversas escalas geográficas. Esse cenário impôs demandas crescentes sobre os portos, exigindo sua expansão e adaptação (Monié e Vidal, 2006).

No Brasil, a economia da década de 1980 marcou-se por um período de estagnação, seguido por uma abertura econômica na década seguinte como estratégia de estabilização monetária em resposta à hiperinflação. Nesse contexto, a infraestrutura portuária emergiu como um dos pilares centrais para a modernização do país e para a implementação de reformas estruturais do Estado (Silva, G., & Cocco, G., 1999).

A evolução no design e na construção naval, amplamente reconhecida como “gigantismo naval”, resultou em navios de escalas cada vez maiores, refletindo o crescimento físico das embarcações e redefinindo as práticas logísticas marítimas globais. Conforme os navios cresciam, os portos tradicionais enfrentavam desafios para acomodá-los, o que destacava a necessidade de uma infraestrutura portuária igualmente grandiosa. Esta demanda dos navios gigantes exigia uma resposta proporcional dos portos, com muitos sistemas portuários existentes mostrando-se inadequados. Os requisitos transformados para os portos incluíam cais mais longos, áreas de atracação amplas e canais de acesso mais profundos para acomodar o calado desses gigantes dos mares, necessitando de uma reconfiguração abrangente do design e da funcionalidade dos portos para adaptá-los à escala e à complexidade logística (Pessanha, R. M., 2017).

Diante das evidentes dificuldades enfrentadas pelo sistema portuário nacional, o Brasil promulgou a Lei nº 8.630, em 25 de fevereiro de 1993 (BRASIL, 1993), conhecida como Lei de Modernização dos Portos. Esta legislação introduziu um novo marco regulatório para a operação portuária, visando atrair investimentos privados e permitir a gestão privada das instalações portuárias através dos Terminais de Uso Privado. Com isso, a lei marcou o fim do monopólio estatal no setor e abriu caminho para uma era de maior competitividade e eficiência nos serviços portuários do país e

catalisou uma transformação significativa nos portos brasileiros, ao estabelecer um ambiente mais competitivo e eficiente (Marone *et al.*, 2013).

De acordo com Marone *et al.* (2013), constata-se que, ao longo do tempo, a Lei nº 8.630/1993, conhecida como Lei de Modernização dos Portos, apresentava lacunas que limitavam a expansão dos Terminais de Uso Privado, restringindo os investimentos necessários. Além disso, a operacionalização dos portos demandava retroáreas apropriadas para instalações e armazenamentos. Diante disso, foi implementada a Lei nº 9.277, em 10 de maio de 1996, permitindo que estados e municípios administrassem portos públicos, o que abriu caminho para um avanço na gestão portuária e no desenvolvimento local (BRASIL, 1996).

Apesar dos esforços iniciais com a Lei de Modernização dos Portos em 1993 e a subsequente legislação de 1996 que transferia competências de administração portuária para estados e municípios, persistiam incertezas que inibiam os investimentos privados. Diante deste cenário, o governo brasileiro reconheceu a necessidade de um novo marco regulatório que atendesse às demandas contemporâneas do comércio marítimo. Assim, em 2013, foi promulgada a Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013 (BRASIL, 2013), visando proporcionar maior estímulo e flexibilidade para a construção e operação de Terminais de Uso Privado (TUPs), consolidando um ambiente mais propício ao investimento privado no setor portuário nacional.

O Porto do Açú, concebido e iniciado em um contexto influenciado por estas legislações, é um exemplo deste movimento. Sua infraestrutura moderna e amplas retroáreas foram planejadas para atender à crescente demanda por serviços portuários eficientes e para capitalizar sobre a nova abertura legislativa que favorecia a participação privada, reforçando a visão de um sistema portuário nacional mais dinâmico e integrado ao mercado global (Porto do Açú, 2021).

## **2.2. Complexo Portuário do Açú**

O Complexo Portuário do Açú, situado em São João da Barra, norte do Rio de Janeiro, é um marco na infraestrutura portuária do Sudeste do Brasil. Iniciado em 2007 e operacional desde 2014, o porto se distingue pela sua localização estratégica, equidistante dos portos de Vitória e Rio de Janeiro, e suas vantagens estruturais, como o calado profundo que recebe navios de grande porte e uma extensa área de retroporto. Essa centralidade é favorável para o escoamento de minério de ferro de Minas Gerais e outros produtos, bem como para as operações de exploração de petróleo nas bacias de Campos e Espírito Santo, beneficiando-se também da proximidade com as reservas do pré-sal (Porto do Açú, 2021).

Como o maior empreendimento portuário-industrial da América Latina, o Porto do Açú hospeda 21 empresas e 10 terminais de padrão internacional, incluindo o terceiro maior terminal

privado de minério de ferro do país. A Ferroport, a primeira empresa estabelecida no porto, tem uma capacidade de embarque de 10 mil toneladas de minério por hora, transportado pelo mineroduto mais longo do mundo, com 529 km. O terminal de 20,5 metros de profundidade recebe navios Panamax e Capesize, destacando-se na infraestrutura para acomodar o gigantismo naval (Ferroport, 2022).

A Vast Infraestrutura, subsidiária da Prumo Logística desde 2016, é líder no fornecimento de soluções logísticas e de infraestrutura, operando o maior terminal privado nacional de exportação de petróleo e oferecendo o serviço de *'double banking'*. Com licenças para movimentar até 1,2 milhão de barris por dia, é a única no Brasil qualificada para operar serviços de transbordo para embarcações tipo *Very Large Crude Carriers (VLCC)* (Vast infraestrutura, 2023).

A Brasil Port (BPort), reconhecida mundialmente em logística offshore, disponibiliza berços que suportam 15 embarcações simultaneamente e oferece serviços abrangentes às embarcações, incluindo a gestão de resíduos e fornecimento de insumos essenciais (Bport, 2017).

A GNA - Gás Natural Açú, possui o projeto atual de duas usinas termelétricas de ciclo combinado e um terminal de regaseificação de GNL, o hub energético tem capacidade de 3,1 GW, suficiente para abastecer 14 milhões de residências. Além disso, possui licença prévia para ampliar para 6,4 GW, esta fase de crescimento contempla melhorias para integrar o gás do pré-sal, consolidando o Porto do Açú como um pilar energético (Gás Natural Açú, 2022).

Essas são algumas empresas instaladas no Porto do Açú, inseridas no contexto do Complexo Portuário do Açú. O porto se destaca pelas operações atuais e infraestrutura existente e principalmente pelo seu potencial de expansão. O complexo abriga uma vasta área ainda não ocupada, que representa uma oportunidade atraente para investidores. Este espaço aguarda novos projetos que possam complementar e expandir a diversidade de operações já estabelecidas, promovendo o crescimento econômico e o desenvolvimento da região.

. A área disponível para novos empreendimentos oferece um atrativo para a instalação de indústrias, armazenamento logístico ou desenvolvimento de novas tecnologias e serviços, todos alinhados com a visão de futuro do complexo portuário. A integração de novas empresas e projetos fortalece a posição do Porto do Açú como um hub industrial e logístico de relevância internacional, e contribui para a geração de empregos e para a economia local e nacional (Porto do Açú, 2021).

### **2.3 Expansão do Porto do Açú e desafios relacionados a logística de resíduos.**

O Porto do Açú contribui significativamente para o avanço econômico da região Norte Fluminense. É um dos principais complexos portuários do Brasil, gerando empregos e dinamizando a economia local. Através do comércio e da exportação de commodities, como minério de ferro e

produtos agrícolas, o porto apoia o crescimento econômico do Estado do Rio de Janeiro e do país (Porto do Açu, 2021).

Contudo, o desenvolvimento portuário traz consigo desafios intrincados de sustentabilidade, entre os quais a logística de destinação de resíduos sólidos sobressai. O Porto do Açu opera em uma magnitude que gera volumes significativos de resíduos, tanto na construção quanto na operação cotidiana. Com instalações de tratamento de resíduos situadas a cerca de 150 km de distância, a logística para o transporte e a destinação final desses resíduos torna-se complexa e onerosa. Esta distância implica em custos logísticos elevados e em um planejamento para garantir que o manejo dos resíduos seja realizado de forma sustentável e em conformidade com as regulamentações ambientais vigentes.

A importância do Porto do Açu para a economia local e nacional é indiscutível, mas o desenvolvimento de uma logística de resíduos eficiente é crítico. Essa eficiência alivia os impactos ambientais, assegura que as operações portuárias possam continuar a expandir sem serem obstaculizadas por limitações na gestão de resíduos. Portanto, a busca por soluções inovadoras e sustentáveis para a logística de resíduos é imperativa para o crescimento contínuo do Porto do Açu e para a manutenção de sua contribuição imprescindível ao desenvolvimento econômico.

Para otimização e centralização da gestão dos resíduos sólidos provenientes das empresas instaladas e futuras, o Porto do Açu deverá buscar soluções e alternativas para administrar e gerenciar os resíduos sólidos e promover a redução do transporte para as destinadoras.

### **3. METODOLOGIA**

Este estudo adotou uma abordagem sistemática de revisão bibliográfica para examinar os desafios logísticos associados à gestão de resíduos no Porto do Açu e a influência da modernização portuária na eficiência operacional e na sustentabilidade ambiental. Os objetivos desta revisão foram delineados para identificar, analisar e sintetizar as informações relevantes das fontes acadêmicas e técnicas, proporcionando uma compreensão abrangente das questões em pauta.

Para a seleção das fontes, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão baseados em parâmetros como relevância temática. Foram priorizadas publicações em português e inglês para abarcar tanto a literatura nacional quanto internacional.

As pesquisas foram realizadas em bases de dados consolidadas como Scopus, Periódicos Capes e Google Scholar, além de fontes governamentais e relatórios de organizações setoriais. Palavras-chave e frases como "Porto do Açu", "legislação portuária brasileira", "gestão de resíduos em portos" e "sustentabilidade portuária" foram utilizadas nas estratégias de busca. A seleção das publicações foi

realizada por meio de uma triagem inicial dos títulos e resumos, seguida pela leitura integral dos textos relevantes.

Os dados extraídos das fontes selecionadas incluíram informações sobre práticas de gestão de resíduos e políticas de sustentabilidade portuária. Por fim, as limitações deste estudo foram reconhecidas, considerando a possibilidade de viés na seleção de fontes e na disponibilidade de dados. A transparência deste processo metodológico visa permitir que a revisão seja replicável e que suas conclusões sejam verificáveis, contribuindo para o campo da gestão ambiental portuária

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

##### **a. Recomendações para práticas sustentáveis de transporte de resíduos sólidos.**

###### **i. Fórum com representantes das empresas que atuam no Porto do Açu.**

De maneira geral, todas as empresas que estão instaladas no Porto do Açu passam por essa dificuldade em relação a destinação de resíduos, é um tema generalizado, algumas empresas geram menos quantidades de resíduos e possuem uma frequência espaçada para destinar e outras empresas geram números expressivos de resíduos que dependem de toda essa logística para seguir para a destinação. Fóruns com representantes de cada empresa que atua no Porto do Açu, é o primeiro passo para integração e unificação.

Estes fóruns servirão como uma plataforma colaborativa, onde cada participante poderá apresentar as particularidades de seus desafios relacionados à gestão de resíduos, bem como compartilhar as estratégias adotadas para minimizar, reciclar ou reutilizar os resíduos de maneira mais eficiente. Através da troca de experiências e melhores práticas, o fórum busca promover uma integração e desenvolver uma abordagem unificada que reduza o impacto ambiental e otimize as operações logísticas associadas à destinação de resíduos.

Ademais, a sinergia criada pelo fórum poderá estimular a adoção de métodos inovadores e soluções tecnológicas avançadas, elevando o padrão de sustentabilidade e eficiência no transporte e manejo de resíduos sólidos no Porto do Açu.

###### **ii. Mapeamento dos possíveis receptores na região**

A realização de um mapeamento abrangente dos potenciais receptores de resíduos na área impactada pelo Porto do Açu constitui um avanço na gestão ambiental regional. Essa iniciativa, em

colaboração com as autoridades municipais, especialmente dos municípios de São João da Barra e Campos dos Goytacazes, é essencial, visto que estas áreas são diretamente influenciadas pelas atividades do porto.

Esse mapeamento deve incluir uma análise detalhada das credenciais dos possíveis receptores, avaliando o objeto e a validade de suas licenças ambientais. Além disso, é imperativo inspecionar a infraestrutura das empresas e realizar visitas técnicas para validar se os locais são adequados e estão equipados para manejar os resíduos de forma responsável.

### **iii. Visita técnica e auditoria de verificação e validação**

No contexto do desenvolvimento sustentável e da responsabilidade ambiental, as visitas técnicas e auditorias de verificação e validação emergem como etapas fundamentais. Essas práticas são indispensáveis ao processo de mapeamento dos possíveis receptores de resíduos sólidos na região influenciada pelo Porto do Açú.

A visita técnica constitui a fase inicial deste processo, em que uma avaliação *in loco* das instalações é realizada para compreender a capacidade operacional do potencial receptor e verificar se a infraestrutura atende aos requisitos regulatórios e operacionais necessários. Através dessas visitas, é possível obter uma visão da capacidade de um receptor para manejar de forma segura e eficiente os resíduos sólidos do Porto do Açú.

Subsequentemente, as auditorias de verificação e validação fornecem uma camada adicional de garantia, envolvendo uma análise profunda dos procedimentos de gestão de resíduos, de segurança e operacional da empresa. Essas auditorias avaliam a conformidade com as licenças ambientais vigentes e verificam se os processos internos estão alinhados com as melhores práticas de segurança e sustentabilidade.

Ao incorporar visitas técnicas e auditorias de verificação e validação no mapeamento de receptores, as empresas e autoridades podem trabalhar juntas para estabelecer uma cadeia de gestão de resíduos sólidos que seja ambientalmente responsável e alinhadas com as metas de sustentabilidade da região. Esse processo eleva os padrões de gestão ambiental, promove a transparência e a confiança entre as partes interessadas, assegurando que as empresas do Porto do Açú continuem destinando os resíduos sólidos corretamente sem afetar o comprometimento com o meio ambiente.

### **iv. Apoio jurídico no licenciamento ambiental e segurança do trabalho**

Ao navegar pela complexidade do licenciamento ambiental e das regulamentações de segurança do trabalho, o apoio jurídico se torna um componente essencial, servindo como uma bússola

que orienta as empresas através dos mares muitas vezes turbulentos da conformidade regulatória. Após o mapeamento de potenciais receptores de resíduos e a subsequente realização de visitas técnicas e auditorias de verificação e validação, o papel do suporte jurídico assume uma importância ainda maior.

As visitas técnicas e auditorias são essenciais para garantir que todas as operações estejam alinhadas com as normas ambientais e de segurança do trabalho vigentes. Elas fornecem uma fotografia instantânea da realidade operacional das empresas e revelam as lacunas entre as práticas existentes e os padrões requeridos. A partir dessas descobertas, o apoio jurídico ajuda a interpretar os resultados e aconselha sobre as estratégias adequadas para alcançar a conformidade integral e a validação para atender as exigências para se tornar um possível receptor.

Este suporte jurídico especializado é particularmente valioso no que diz respeito ao licenciamento ambiental. Advogados e consultores com expertise em legislação ambiental podem oferecer *insights* sobre como se enquadrar no processo de licenciamento, lidar com as implicações de não conformidades identificadas e implementar práticas recomendadas para mitigar riscos futuros.

No campo da segurança do trabalho, os especialistas ajudarão o possível receptor a compreender as nuances das leis de saúde e segurança ocupacional e a aplicar esses conhecimentos para criar um ambiente de trabalho mais seguro. Eles orientam sobre a implementação de protocolos de segurança, treinamentos de funcionários e políticas que protegem a empresa contra responsabilidades e promovem o bem-estar dos trabalhadores.

#### **v. Central de resíduos unificada no Porto do Açu**

A implementação de uma Central de Resíduos Unificada no Porto do Açu representa uma abordagem eficiente na gestão de resíduos sólidos, configurando-se como uma medida estratégica para a sustentabilidade do complexo portuário. Esta central atuará como um ponto de convergência para a coordenação e o manejo adequado de todas as atividades relacionadas a resíduos, desempenhando um papel na segregação, classificação, compactação e no redirecionamento dos resíduos para os locais de disposição finais apropriados.

Ao chegar na central, os resíduos serão imediatamente submetidos ao processo de pesagem em uma balança rodoviária de alta precisão. Esta etapa inicial será gerada um manifesto de controle interno que registra o peso, a classificação específica do resíduo e o gerador. Este registro será lançado em uma plataforma digital, assegurando total transparência e rastreabilidade do processo de gestão de resíduos.

Seguindo a pesagem, os resíduos recicláveis serão cuidadosamente segregados por operadores treinados e aptos. Após a separação, os materiais serão compactados utilizando uma prensa hidráulica. Paralelamente, resíduos não recicláveis e perigosos não serão segregados pelos operadores, serão

pesados e transportados diretamente para a área de armazenamento e estocagem dedicada, seguindo protocolos de segurança.

A plataforma digital é uma das principais ferramentas de gestão, nela os usuários poderão monitorar todas as etapas do processo, desde a triagem inicial até a destinação final. Toda a documentação das empresas receptoras estarão no sistema, bem como os manifestos internos e manifestos de transporte de resíduos unificados, detalhando a quantidade gerada de cada empresa e os certificados de destinação final emitidos pelo receptor, garantindo o fechamento da cadeia da gestão de resíduos.

A administração da Central de Resíduos Unificada será uma responsabilidade direta da empresa Porto do Açú, operando em sinergia com as demais empresas atuantes no complexo. O modelo de rateio dos custos será proporcional à quantidade de resíduos gerados por cada empresa, assegurando uma distribuição equitativa das despesas e incentivando práticas que contribuam para a redução na geração de resíduos. Esse sistema progressivo de custeio assegura que os principais geradores de resíduos sejam incentivados a investir em eficiência e em práticas sustentáveis.

#### **vi. Área de armazenamento e estocagem**

Após os resíduos passarem pela central unificada, deverão ser armazenados em uma área de estocagem bem planejada que será um elemento essencial na gestão de resíduos do Porto do Açú.

O layout da área de estocagem necessita ser estrategicamente organizado para promover a separação dos resíduos, distinguindo claramente entre materiais recicláveis, não recicláveis e perigosos. Uma sinalização efetiva e vias de acesso bem definidas para cada tipologia de resíduo são fundamentais para manter a organização e a segurança operacional. Além disso, a implementação de estruturas cobertas e sistemas de contenção secundária para resguardar os resíduos contra intempéries e prevenir a disseminação de contaminantes. Adicionalmente, é vital a adoção de medidas eficazes de controle de pragas e vetores para prevenir a atração e proliferação de fauna sinantrópica. Vale ressaltar que, os resíduos orgânicos deverão ser armazenados em uma área refrigerada para não haver liberação de chorume.

A área de estocagem facilita a logística para o transporte dos resíduos para destinos finais na região de Macaé e arredores pois serão transportados em caminhões com maior capacidade de carga. Os resíduos como papel e plástico, já prensados, estarão prontos para serem enviados diretamente para as recicladoras e cooperativas de reciclagem locais, proporcionando um impulso à economia circular da região.

**vii. Área de beneficiamento de resíduo de construção civil e resíduos diversos.**

No Porto do Açu, uma área dedicada ao beneficiamento de resíduos de construção civil poderá ser um marco no compromisso com a sustentabilidade. Esta área equipada com máquinas capazes de triturar e classificar materiais, transformando-os em novos insumos para a indústria da construção civil ou para a construção de novos projetos no próprio porto. O beneficiamento local dos resíduos reduzirá a necessidade de transporte para locais distantes, diminuindo a pegada de carbono e promovendo a economia circular. Além disso, essa iniciativa poderá gerar novas oportunidades de negócios e empregos, alinhando os interesses econômicos do porto com práticas ambientais responsáveis.

A política de reutilização de materiais entre as empresas residentes no Porto do Açu é outra frente promissora. Materiais que são considerados resíduos por uma empresa podem representar recursos para outra, criando uma rede inter-empresarial de recursos recicláveis. Madeira, sucata metálica, ferragens e tubulações são apenas alguns exemplos de materiais que podem encontrar uma nova vida útil. A plataforma digital do porto servirá como um mercado virtual para que as empresas possam oferecer e avaliar estes materiais, facilitando o reuso e a colaboração entre diferentes companhias, reduzindo o desperdício e fomentando a reutilização.

**viii. Educação e treinamentos**

A conscientização e capacitação dos funcionários e das partes interessadas são fundamentais para o sucesso da gestão de resíduos. Programas de educação e treinamento contínuos no Porto do Açu abordando temas como a separação correta de resíduos, técnicas de redução de resíduos, procedimentos de segurança e regulamentos ambientais. Estes programas garantem que todos os envolvidos estejam informados sobre as melhores práticas e comprometidos com os objetivos de sustentabilidade do Porto do Açu. Investir em educação ambiental fomenta uma cultura de responsabilidade compartilhada e incentiva inovações e melhorias contínuas nos processos de gestão de resíduos.

**ix. Política de resíduos zero aterro**

A implementação de uma política de resíduos zero aterro no Porto do Açu é uma iniciativa ambiciosa, esta política envolve a adoção de práticas que visam a eliminação do envio de resíduos para aterros sanitários. Estratégias como a compostagem, reciclagem e a valorização energética dos resíduos devem ser priorizadas. Além disso, o design de processos e a escolha de materiais devem ser orientados para a redução da geração de resíduos desde a origem. A política de resíduos zero requer um comprometimento de longo prazo e uma colaboração entre todas as empresas e entidades operando no Porto.

## 5. CONCLUSÃO

A análise detalhada do desenvolvimento do Complexo Portuário do Açu, localizado estrategicamente na região norte do Rio de Janeiro, fornece *insights* importantes sobre a modernização e os desafios logísticos e ambientais enfrentados pela infraestrutura portuária no Brasil.

O comprometimento com práticas sustentáveis de gestão de resíduos é evidenciado pelas recomendações estratégicas propostas para a administração portuária. Estas incluem a integração da gestão de resíduos entre as empresas já estabelecidas e futuras, a otimização da logística de resíduos, a promoção da redução de resíduos enviados para aterros sanitários, e o incentivo à recuperação e reutilização de materiais dentro do próprio complexo. Essas iniciativas visam reduzir o impacto ambiental, estimular uma economia circular que possa criar novas oportunidades econômicas e promover a sustentabilidade de longo prazo.

Adicionalmente, a pesquisa destacou a necessidade de identificar novos receptores de resíduos na região e de prover suporte jurídico, sublinhando a importância de uma gestão de resíduos conforme com as legislações ambientais vigentes. Com a expansão contínua do Porto do Açu, aliada ao amplo espaço disponível para novos investidores, o futuro é promissor, marcado por um equilíbrio entre crescimento econômico e responsabilidade ambiental.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL PORT. Disponível em: <https://bport.com.br/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013**. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 6 jun. 2013. Seção 1, p. 1.

BRASIL. **Lei nº 8.630, de 25 de fevereiro de 1993**. Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 fev. 1993. Seção 1, p. 2433.

BRASIL. **Lei nº 9.277, de 10 de maio de 1996**. Altera dispositivos das Leis nºs 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, que "dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências", 8.001, de 13 de março de 1990, e 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 maio 1996. Seção 1, p. 8353

COLAVITE, Alessandro Serrano; KONISHI, Fabio. A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, v. 12, p. 28, 2015.

FERROPORT. Disponível em: <https://ferroport.com.br/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

GÁS NATURAL AÇU. Disponível em: <https://www.gna.com.br/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

MARONE, Eduardo *et al.* Os portos brasileiros frente à ciência, tecnologia e inovação: um novo desafio para a sociedade. 2013.

MMX/MPC. Mineração Pesquisa e Comércio LTDA. EIA – Estudo de Impacto Ambiental do Porto do Açú. Rio de Janeiro: CAL – Consultoria Ambiental Ltda, 2006.

MONIÉ, Frédéric; VIDAL, Soraia Maria do SC. Cidades, portos e cidades portuárias na era da integração produtiva. **Revista de Administração Pública**, v. 40, p. 975-995, 2006.

PESSANHA, Roberto Moraes. A relação transescalar e multidimensional Petróleo-Porto como produtora de novas territorialidades. 2017.

PORTO DO AÇU. Disponível em: <https://portodoacu.com.br/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

RANGEL, Hevilmar Carneiro. **O Complexo Portuário do Açú e suas relações industriais e comerciais em municípios selecionados do Norte Fluminense**. 2020. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Planejamento Regional e Gestão da Cidade) - Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

SILVA, Gerardo; COCCO, Giuseppe. Cidades e portos: os espaços da globalização. **Rio de Janeiro: Dp&a**, p. 17-21, 1999.

VAST INFRA. Disponível em: <https://vastinfra.com.br/>. Acesso em: 20 nov. 2023.