

**NICOLAS PARK
THOMAZ RIZZO
SAMUEL CHUNG**

**ECOEFIÊNCIA EM CANTEIRO DE GRANDES OBRAS DE
INFRAESTRUTURA – ESTUDO DE SOLUÇÕES PARA O
CASO DO LOTE 5 DO RODOANEL TRECHO NORTE**

Trabalho de Formatura do Curso de
Engenharia Civil apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo

São Paulo
2018

**NICOLAS PARK
THOMAZ RIZZO
SAMUEL CHUNG**

**ECOEFIÊNCIA EM CANTEIRO DE GRANDES OBRAS DE
INFRAESTRUTURA – ESTUDO DE SOLUÇÕES PARA O
CASO DO LOTE 5 DO RODOANEL TRECHO NORTE**

Trabalho de Formatura do Curso de
Engenharia Civil apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo

Orientador: Profa. Dra. Amarilis Lucia
Casteli Figueiredo Gallardo

São Paulo
2018

Catálogo-na-publicação

Chung, Samuel

Ecoeficiência em canteiros de grandes obras de infraestrutura: estudo de soluções para o caso do lote 5 do Rodoanel Trecho Norte / S. Chung, T. Rizzo, N. Park -- São Paulo, 2018.

45 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.engenharia civil 2.ecoeficiência 3.canteiro de obras 4.infraestrutura 5.Rodoanel I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t. III.Rizzo, Thomaz IV.Park, Nicolas

AGRADECIMENTOS

À nossa orientadora Profa. Dra. Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo, que desde o período de graduação nos ensinou muito. Pela ajuda e apoio que nos deu durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. Jose Luís Ridente Junior, da Prime Engenharia, por intermediar todo o contato com a DERSA e com isso permitir que fizéssemos a visita ao canteiro a ser estudado. Além da disponibilidade para esclarecimento de dúvidas e tudo que precisamos.

Ao Engenheiro Gustavo Kelner, da Prime e ao Engenheiro Vinicius Gonçalves, da Construcap, por nos acompanhar na visita ao canteiro e nos explicar o funcionamento do canteiro, tirando todas as dúvidas que tivemos.

Ao Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza, por aceitar fazer parte da banca examinadora e se dispor a nos auxiliar como fosse preciso com seu vasto conhecimento em canteiro de obras e seus livros sobre o assunto.

Aos engenheiros Agnaldo Gonçalves de A. Junior e Marcelo Arreguy Barbosa, da DERSA, por se disporem a nos ajudar e permitir que o estudo fosse feito na obra do Lote 5 do Rodoanel Norte.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
2	Objetivos.....	3
3	Justificativa	3
4	Método.....	3
5	Revisão Bibliográfica.....	5
5.1	Impacto Ambiental	5
5.2	Avaliação de Impacto Ambiental (AIA)	5
5.3	Licenciamento Ambiental	5
5.3.1	Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).....	6
5.4	Desenvolvimento Sustentável	6
5.4.1	Ecoeficiência	8
5.4.2	Produção Mais Limpa (P+L)	9
5.4.3	Gestão Ambiental	9
5.4.4	Avaliação de Ciclo de Vida	10
5.4.5	Classificação de Resíduos.....	11
5.5	Canteiro de Obras.....	12
6	Estudo de Caso	14
6.1	Ferroanel	14
6.2	Rodoanel Trecho Norte	16
	Financiamento BID	16
6.2.1	Localização do canteiro	23
6.2.2	Atividades.....	24
7	Dados obtidos pela construcap	28
7.1	Consumo de água.....	28
7.2	Resíduos Sólidos	31

8	SUGESTÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO NO CANTEIRO	40
8.1	Central Recicladora de Concreto Residual	40
8.1.1	Funcionamento e Implantação	40
8.1.2	Viabilidade Dimensional	42
8.1.3	Viabilidade Econômica	43
8.2	Reciclagem de Entulho	45
8.2.1	Viabilidade Dimensional	46
8.2.2	Viabilidade Econômica	46
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
10	Referências Bibliográficas	47

RESUMO

Para que haja um desenvolvimento sustentável da nossa sociedade, é de extrema importância que a construção civil, também seja sustentável. Fonte de grande consumo de recursos naturais e geração de impactos negativos ao meio ambiente, a construção de empreendimentos deve ser alvo de estudos para que estes impactos sejam minimizados. Dessa maneira, esse trabalho tem como objetivo avaliar o canteiro de obras do Lote 5 do Rodoanel Trecho Norte, segundo os princípios da ecoeficiência, a fim de detectar processos em que a ecoeficiência não esteja otimizada ou até mesmo sequer implantada. Com isso será possível propor mudanças benéficas para empreendimentos futuros. A ecoeficiência é o que torna essa produção sustentável possível, já que une a sustentabilidade com a minimização de custos, tornando a adoção das práticas mais atrativa. Assim, através de estudos teóricos e de revisão bibliográfica, além de visitas a campo e documentos referentes ao caso estudado, este trabalho irá primeiramente definir e caracterizar o canteiro de obras do Lote 5 do Rodoanel Norte e suas atividades, para que na segunda parte, seja feito esse estudo de práticas que podem ser aplicadas em futuras obras de infraestrutura, com o intuito de reduzir tanto os impactos ambientais negativos e consumo de recursos naturais, quanto seu custo.

Palavras-Chave: engenharia civil; ecoeficiência; canteiro de obras; infraestrutura; Rodoanel Norte

ABSTRACT

For sustainable development of our society, it is extremely important that civil construction is also sustainable. Source of heavy consumption of natural resources and generation of negative impacts to the environment, the construction of enterprises must be studied so that these impacts are minimized. In this way, the objective of this work is to evaluate the construction site of Lot 5 of Rodoanel Trecho Norte, in accordance with the principles of eco-efficiency, in order to detect processes in which eco-efficiency is not optimized or even implemented. This will be able to propose beneficial changes for future projects. Eco-efficiency is what makes this sustainable production possible, since it unites sustainability with cost minimization, making the adoption of the practices more attractive. Thus, through theoretical studies and bibliographic review, in addition to field visits and documents referring to the case studied, this work will first define and characterize the worksite of Lot 5 of Rodoanel Norte and its activities, so that in the second part, this study of practices that can be applied in future infrastructure works, with the purpose of reducing both negative environmental impacts and consumption of natural resources, as well as their cost.

Key-words: civil engineering; eco-efficiency; construction site; infrastructure; Rodoanel Norte

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema explicativo do "tripé" da Sustentabilidade Fonte: http://ri.invepar.com.br/rao2013	7
Figura 2 - Ecoeficiência dentro do "tripé" da Sustentabilidade Fonte: http://ri.invepar.com.br/rao2013	8
Figura 3 - Exemplo de Ciclo de Vida de um Produto Fonte: http://blog.enciclo.com.br	11
Figura 4 - Classificação Resolução Conama nº307.....	11
Figura 5 - Classificação NBR 10004	12
Figura 6 - Ferroanel Norte Fonte: DERSA.....	14
Figura 7 - Ferroanel Norte paralela ao Rodoanel Norte (visita)	15
Figura 8 – Rodoanel Mário Covas. Fonte: A Tribuna/Estadão 05/11/2017	16
Figura 9 - As 4 dimensões da infraestrutura sustentável Fonte: BID	17
Figura 10 - Supervisão Ambiental do Trecho Sul Fonte: Dersa	20
Figura 11 - Rodoanel Trecho Norte. Fonte: DERSA.....	21
Figura 12 - Evolução da Obra Lote 5 - Rodoanel Norte (linha do tempo)	22
Figura 13 - Evolução da Obra Lote 5 - Rodoanel Norte (imagens) Fonte: DERSA... ..	22
Figura 14 Evolução da Obra Lote 5 - Rodoanel Norte (visita)	22
Figura 15 - Evolução da Obra Lote 5 - Rodoanel Norte (visita)	23
Figura 16 - Evolução da Obra Lote 5 - Rodoanel Norte (visita)	23
Figura 17 - Localização do Canteiro de Obras do Lote 5 Fonte: Google Earth.....	24
Figura 18 - Layout do canteiro de obras do lote 5 – Rodoanel Trecho Norte Fonte: Google Earth.....	25
Figura 19 - Administrativo & Almoxarifado	25
Figura 20 - Almoxarifado & Resíduos.....	25
Figura 21 - Equipamentos Pesados & Tanques de abastecimento	26
Figura 22 - Depósito e oficina de Aço	26
Figura 23 - Usina de concreto	26
Figura 24 - Tanque de decantação & Caixas d'água.....	26
Figura 25 - Usina de Asfalto.....	26
Figura 26 - Processo produtivo - Usina de Asfalto	28
Figura 27 – Localização da CDR Pedreira Fonte: Google Earth	35
Figura 28 – Localização da MadeVila Fonte: Google Earth.....	35
Figura 29 – Rotas do Canteiro Lote 5 até o CDR	36
Figura 30 – Rotas do Canteiro Lote 5 até a MadeVila	36
Figura 31 – Rotas da Frente de Obras até Madevila	38
Figura 32 – Rotas da Frente de Obras até CDR Pedreira	38
Figura 33 - Exemplo de Central Instalada no Canteiro	42
Figura 34 - Tanques de Decantação do Canteiro do Lote 5	42
Figura 35 - Exemplo de Desenho Esquemático da Central de Concreto	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo Veículos – Lote 5 Fonte: Construcap	15
Tabela 2 - Consumo de água e energia - Lote 5 Fonte: Construcap	15
Tabela 3 - Critérios econômico-financeiros para planejamento do projeto Fonte: BID	17
Tabela 4 - Critérios ambientais para planejamento do projeto Fonte: BID	18
Tabela 5 - Critérios sociais para planejamento do projeto Fonte: BID	18
Tabela 6 - Critérios institucionais para planejamento do projeto Fonte: BID	19
Tabela 7 – Lista de Planilhas de Consumo disponibilizadas	29
Tabela 8 – Fonte de Consumo e Consumo (m ³)	29
Tabela 9 - Lista de Planilhas CGR disponibilizadas	31
Tabela 10 – Quatro Resíduos Principais	33
Tabela 11 – Geração dos Resíduos ao longo do tempo.....	34
Tabela 12 – Distância do Canteiro do Lote 5 ao Destino Final	37
Tabela 13 – Volume máximo a ser transportado por caminhão.....	37
Tabela 14 – Número de viagens de caminhão basculante	37
Tabela 15 – Distâncias médias A-B até destinos finais	39
Tabela 16 - Dados Alternativa 1	44
Tabela 17 - Dados Alternativa 2	44
Tabela 18 - Dados Alternativa 3	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo das Médias de Consumo por mês.....	30
Gráfico 2 - Contribuições de cada fonte de Consumo por mês	30
Gráfico 3 – Treemap da Quantidade Gerada de Resíduos	32
Gráfico 4 – Geração dos Resíduos ao longo do tempo	33

LISTA DE SIMBOLOS

AAE: Avaliação Ambiental Estratégica

AIA: Avaliação de Impacto Ambiental

BID: Banco Interamericano de Desenvolvimento

CAP: Cimento Asfáltico de Petróleo

CCA: Certificado de Conformidade Ambiental

DERSA: Desenvolvimento Rodoviário S/A

DME: Depósito de Material Excedente

EIA: Estudo de Impacto Ambiental

ICA: Instrução de Controle Ambiental

LP: Licença Ambiental Prévia

OAE: Obra de Arte Especial

PBA: Plano Básico Ambiental

RIMA: Relatório de Impacto de Ambiental

RMSP: Região Metropolitana de São Paulo

SMA: Stone Mastic Asphalt

WBCSD: World Business Council For Sustainable Development

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, as maiores preocupações em relação às atividades exercidas pelo ser humano, são os seus impactos ambientais gerados. Se no passado essa era uma preocupação marginal no campo da engenharia e da produção, nas últimas décadas vem ganhando espaço que se realize engenharia considerando os impactos ambientais das ações humanas. Independentemente de qual for sua ação, em grande ou pequena escala, é necessário que sejam considerados os impactos ambientais positivos e negativos que tal atividade irá impor no meio ambiente ou na sociedade.

Com o intuito de reduzir os impactos ambientais negativos gerados pelo homem, surgiu o conceito de sustentabilidade. De acordo com o Relatório Brundtland (1987), “desenvolvimento sustentável é o que atende as necessidades das gerações do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades. Dois conceitos são inerentes ao desenvolvimento sustentável: o conceito de “necessidades”, especialmente as necessidades básicas dos mais desprovidos, que devem ser as mais prioritárias, e a ideia que o estado das nossas técnicas e da nossa organização social impõe sobre a capacidade do ambiente em responder as necessidades atuais e as futuras”.

Segundo o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), ecoeficiência é definida como “uma filosofia de gestão que estimula os negócios a buscar melhorias ambientais que gerem benefícios econômicos paralelos. O módulo de ecoeficiência foi desenvolvido para capturar interesse, informar e envolver-se em questões relacionadas à ecoeficiência em diferentes níveis dentro de uma organização. Inclui abordagens práticas para ajudar as organizações a integrar a ecoeficiência em seus pensamentos, práticas e processos” (WBCSD, ***Eco-efficiency Learning Module***, 2006) Também segundo o WBCSD, a ecoeficiência é obtida através da “entrega de bens e serviços com preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, reduzindo progressivamente impactos ambientais dos bens e serviços, através de todo o ciclo de vida, em linha com a capacidade estimada da Terra em suportar” (WBCSD, ***Eco-efficiency Learning Module***, 2006).

Uma das ações que mais geram impactos ambientais negativos, é a construção civil, principalmente aqueles decorrentes de perdas de materiais e geração de resíduos, assim como consumo de água e energia e também a alteração do meio físico, biótico e antrópico do local da construção (ARAUJO, 2016). Independentemente do tipo de construção, seja ela de um pequeno prédio, uma ponte, uma rodovia, um aterro sanitário, ou até uma grande barragem, os impactos devem sempre estudados e minimizados, antes mesmo que comece a construção.

Principalmente na fase de execução da obra, há um grande consumo de todos os insumos envolvidos, como água e energia, além dos materiais usados para a construção, que consomem energia e geram seus respectivos resíduos, que aumentam proporcionalmente ao tamanho do empreendimento.

As grandes obras de infraestrutura, como rodovias, são objeto de licenciamento ambiental pautado no instrumento de avaliação de impacto ambiental, em que o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é um relatório técnico obrigatório. O licenciamento

ambiental é obrigatório e o EIA apresenta os impactos ambientais significativos e as medidas mitigadoras para reduzi-los. Para a execução das obras é necessária a instalação de canteiros de obras, que é “a área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra” (Norma Regulamentadora NR-18). Uma rodovia, que é um empreendimento linear, pode ter vários canteiros atendendo a um mesmo empreendimento. Nesse sentido os canteiros de obras, ainda que temporários, podem representar atividades bastante impactantes ao meio ambiente, bem como oportunidade para promoção de boas práticas para redução de impactos ambientais, sem agregar outros custos à obra. O cenário que vivemos reflete uma grande preocupação com a minimização de impactos ambientais negativos, que muitas vezes não levam em consideração alternativas que visem a redução de custos em conjunto com a minimização de impactos. Pode-se citar como exemplo medidas que reduzem tanto os impactos quanto os custos, a geração de energia alternativa, tratamento de resíduos, reaproveitamento de água para fins não potáveis, entre outros.

Diante desse cenário de grandes impactos ambientais, nos deparamos com a oportunidade de implementar a ecoeficiência em canteiros de obras, ou seja, introduzir práticas em um canteiro de obras com o intuito de que a produção tenha qualidade, eficiência, minimizando custos e impactos ambientais negativos.

Espera-se, portanto, que os resultados desse trabalho possam ilustrar como a ecoeficiência pode ser aplicada nesse contexto para propor mudanças benéficas para empreendimentos futuros.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é avaliar o canteiro de obras do Lote 5 do Rodoanel Trecho Norte, segundo os princípios da ecoeficiência, efetuando a caracterização qualitativa e quantitativa das atividades desenvolvidas no canteiro, como eventuais processos produtivos, identificando os pontos críticos onde possam haver melhorias do ponto de vista da ecoeficiência, além de elaborar possíveis alternativas para a incorporação dessas melhorias e práticas na gestão e supervisão ambiental de futuras obras.

3 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema do trabalho vem da necessidade de mitigação dos impactos ambientais gerados pelo homem, que são especialmente expressivos na construção civil. Na maioria dos casos, essa preocupação não se concentra nos danos causados ao meio ambiente em si, mas apenas no cumprimento das leis, uma vez que o não cumprimento das mesmas procedem de punição ou multas altíssimas à empresa ou organização. E mesmo com regulamentos em lei que visam a redução de impactos ambientais, essa redução não é sempre eficiente. Assim, juntamente com os conceitos e aplicação da ecoeficiência na indústria, adotamos a ideia de se aplicar esses conceitos em um canteiro de obras, para que os impactos sejam minimizados de forma eficiente e com justificativa econômica para tal otimização.

4 MÉTODO

Primeiramente foram adquiridos alguns documentos para que fosse possível a realização de visitas ao canteiro de obra em estudo e acesso à documentação referente aos impactos e consumos gerados pelas atividades do canteiro. Foram as seguintes:

- Carta de autorização para visitar canteiro de obras do Lote 5 do Rodoanel Trecho Norte
- Carta de autorização para acesso a documentos
- Edital de Contratação da DERSA
- Licenciamento Ambiental Rodoanel
- Licenciamento Ambiental Construtora
- 21º Relatório Trimestral de Acompanhamento das Licenças de Instalação nºs 2167 e 2209 Fevereiro a Abril/2018 (RT.091.227.00)

O método de desenvolvimento do trabalho é composto de 4 etapas:

1) Pesquisa

Estudo da bibliografia para se obter diretrizes para desenvolvimento de canteiros de obras de baixo impacto ambiental e adoção de práticas ambientais em canteiros

de obra. Além de metodologias de avaliação da ecoeficiência de sistemas produtivos e por fim uma base em licenciamentos ambientais.

2) Visita de Campo

Para a primeira parte do trabalho, foi realizada uma visita de campo para que fosse analisada a organização e compreendida as operações/atividades realizadas nesse canteiro. A visita foi acompanhada do Eng Vinicius Gonçalves da Construcap e do geólogo José Ridente, da empresa Prime Engenharia, responsável pela supervisão ambiental das obras do Rodoanel Trecho Norte.

3) Caracterização do empreendimento

Com base na visita e na documentação fornecida, fez-se a identificação da área do empreendimento e das atividades desenvolvidas no lote 5. Também se obteve a documentação específica referente aos consumos de água e energia elétrica e ao controle de geração de resíduos.

4) Adoção de Práticas Ambientais em Canteiro de Obras

A etapa de adoção de práticas ambientais em canteiros de obras foi criado com base na pesquisa sobre melhores práticas sustentáveis em canteiros de obras, por Guimarães (2013). A partir do modelo sugerido por Guimarães, foi adotado o método de pesquisa que se dividiu em quatro partes:

- (1) Identificação de Boas Práticas;
- (2) Seleção e Implementação de Boas Práticas;
- (3) Monitoramento e Controle;
- (4) Remediação e Aprendizado.

Antes de partir para a identificação de boas práticas, é necessário que se faça a caracterização do canteiro de obras, como sua localização, métodos construtivos, condições de entorno (topografia, presença de cursos d'água, condições de vizinhança, fauna e flora, etc.), que foi o objetivo cumprido nesta primeira parte do trabalho. Portanto ficando para a segunda parte a aplicação do método de pesquisa descrito no fluxograma.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Impacto Ambiental

Segundo a **Resolução CONAMA** nº001, art.1 (1986), considera-se como Impacto Ambiental “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, **direta ou indiretamente**, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais”

Logo, entende-se que impactos ambientais podem ser potencialmente tanto negativos quanto positivos do ponto de vista social, econômico e ambiental.

5.2 Avaliação de Impacto Ambiental (AIA)

A Avaliação de Impacto Ambiental pode ser definida como “*uma série de procedimentos legais, institucionais e técnico-científicos, com o objetivo caracterizar e identificar impactos potenciais na instalação futura de um empreendimento, ou seja, prever a magnitude e a importância desses impactos*” (Bitar & Ortega, 1998).

Em outras palavras, o **AIA** é um instrumento de caráter preventivo usado nas políticas de ambiente e gestão ambiental com o intuito de assegurar que um determinado projeto seja analisado de acordo com os seus potenciais impactos no meio ambiente e que esses mesmos impactos sejam analisados e tomados em consideração no seu processo de aprovação (**Licenciamento Ambiental**).

5.3 Licenciamento Ambiental

Segundo a Resolução CONAMA nº237 (1997), consta a definição de Licenciamento Ambiental:

“É o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso”.

Todos os empreendimentos ou atividades que se encaixem nas descrições do Anexo 1 da Resolução Conama estão sujeitos ao Licenciamento Ambiental, e ela

inclui obras civis (rodovias, ferrovias, barragens, etc) bem como usinas de concreto e asfalto.

Existem, atualmente, três tipos de licenças ambientais, exigidas em diferentes períodos do projeto. São elas:

- **Licença Prévia (LP):** concedida na **fase preliminar do planejamento** do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;
- **Licença de Instalação (LI):** autoriza a **instalação** do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as **medidas de controle ambiental e demais condicionantes**, da qual constituem motivo determinante;
- **Licença de Operação (LO)** - autoriza a **operação** da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

5.3.1 Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)

O Relatório de Impacto Ambiental é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente e foi instituído pela RESOLUÇÃO CONAMA N.º 001/86, de 23/01/1986. O RIMA é o relatório que reflete todas as conclusões apresentadas num Estudo de Impacto Ambiental (EIA ou AIA), e deve ser elaborado de forma objetiva e possível de se compreender, ilustrado por mapas, quadros, gráficos, redigido em linguagem não técnica a fim de ser passível de fácil interpretação no processo de participação pública, de modo a permitir seu entendimento à todas as partes interessadas (stakeholders). O AIA e o RIMA fazem parte do processo de Licenciamento Ambiental, conforme citado anteriormente. Uma vez aprovado o RIMA em audiência pública, o órgão ambiental emite a LP – Licença Prévia.

5.4 Desenvolvimento Sustentável

O conceito de Desenvolvimento Sustentável possui várias definições. Entre elas, a mais aceita consta:

“Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que é capaz de suprir as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade de atendimento às necessidades das futuras gerações” - Relatório de Brundtland (1987)

Este conceito tem suas origens no Relatório de Brundtland, apresentada na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1987, e foi ganhando ênfase e notoriedade com o passar dos anos devido ao aumento da preocupação sobre questões ambientais. Entretanto, ele engloba também questões econômicas e sociais, formando-se assim o chamado “tripé” da sustentabilidade.



Figura 1 - Esquema explicativo do "tripé" da Sustentabilidade
 Fonte: <http://ri.invepar.com.br/rao2013>

Em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD, mais conhecida como RIO-92), foi estabelecida a Agenda 21, um instrumento de planejamento participativo que visa o desenvolvimento sustentável. Em outras palavras, é um conjunto de plano de ações que tem como objetivo a implantação de políticas e práticas sustentáveis.

Vale ressaltar que o princípio do desenvolvimento sustentável já é contemplado na Constituição Federal de 1988, no art 225:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” - art. 225 - CF 1988

Neste trabalho, serão abordadas apenas as partes que se tratam das questões ambientais e econômicas da sustentabilidade.

5.4.1 Ecoeficiência

O termo “ecoefficiência” foi introduzido em 1992 pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) – Conselho Mundial de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da publicação do livro Changing Course, sendo endossado pela Conferência Rio-92, como uma forma das organizações implementarem a Agenda 21 no setor privado.

De acordo com a WBCSD:

“A ecoeficiência é obtida pela entrega de bens e serviços com preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, visando a redução do consumo de recursos naturais e dos impactos ambientais gerados pela produção desses bens, alinhado com a capacidade da Terra de suprir tais recursos”.

De maneira mais didática, ela seria o espaço compreendido entre os aspectos econômico e ambiental da figura 2.



Figura 2 - Ecoeficiência dentro do "tripé" da Sustentabilidade
 Fonte: <http://ri.invepar.com.br/rao2013>

Em outras palavras, a ecoeficiência pode ser entendida como um tipo de estratégia **preventiva** que tem como finalidade reduzir o consumo de recursos naturais e a poluição por meio da melhoria da eficiência do processo produtivo. Ela se sustenta em, basicamente, 8 pilares:

- Minimizar o uso de materiais dos bens e serviços;
- Minimizar o uso de energia na produção de bens e serviços;
- Minimizar a dispersão de tóxicos;
- Fomentar a reciclabilidade dos materiais;
- Estender a durabilidade dos produtos e;
- Promover a educação dos consumidores para um uso mais racional dos recursos naturais e energéticos.

5.4.2 Produção Mais Limpa (P+L)

O conceito de Produção Mais Limpa foi introduzida pela UNEP (United Nation Environment Programme) em 1990. Sua definição é a seguinte:

“É a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada aplicada a processos, produtos e serviços que visam o aumento da eficiência de maneira geral, e a redução dos riscos para a saúde humana e ambiente” - UNEP (1989)

Percebe-se aqui que os conceitos de Ecoeficiência e Produção Mais Limpa são bem semelhantes, uma vez que ambas as estratégias visam a redução dos impactos ambientais e do consumo de recursos naturais por meio do aumento da eficiência, sendo muitas vezes os dois termos utilizados como sinônimos. Entretanto, deve-se levar em consideração que a Produção Mais Limpa não tem como objetivo o aumento dos lucros (trata-o como sendo apenas uma consequência à longo prazo com o aumento da eficiência).

5.4.3 Gestão Ambiental

Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é um conjunto de processos e práticas que permitem uma organização a reduzir seus impactos ambientais, bem como a melhorar sua eficiência de operação e seu conceito surgiu com a norma ISO 14001 - Sistema de Gestão Ambiental, em 2015. Qualquer tipo de empresa pode estabelecer seu próprio SGA. A norma ISO 14001 é a responsável por regulamentar o sistema, estabelecendo os requisitos de implementação e operação. É importante acrescentar, ainda, que este modelo sustentável de gerenciamento está fundamentado nos seguintes pontos:

- Estabelecimento e revisão de metas ambientais;
- Determinação e análise dos impactos causados pela empresa e seus respectivos stakeholders;
- Estabelecimentos de planos de ação e procedimentos para o alcance das metas;
- Monitoramento contínuo da atividade, com finalidade de agir mediante a ocorrência de uma não-conformidade
- Conscientização de seus empregados dos impactos ambientais e da importância da preservação do meio ambiente, além do estabelecimento da competência necessária para aplicação do sistema de gestão, e;
- Garantir a melhoria contínua do SGA, reduzindo cada vez mais seus impactos.

5.4.3.1 Avaliação Ambiental Estratégica

Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) é definida como “o procedimento sistemático e contínuo de avaliação da qualidade do meio ambiente e das consequências ambientais decorrentes de visões e intenções alternativas de desenvolvimento, incorporadas em iniciativas tais como a formulação de políticas, planos e programas (PPP), de modo a assegurar a integração efetiva dos aspectos biofísicos, econômicos, sociais e políticos, o mais cedo possível, aos processos públicos de planejamento e tomada de decisão” (*Partidário*, 1999).

A Coordenadoria de Planejamento Ambiental de SP ainda cita que, embora a sua aplicação não esteja regulamentada ainda no Estado de SP, a AAE já vem sendo utilizada devido à sua referência mundial como instrumento de política ambiental.

5.4.4 Avaliação de Ciclo de Vida

Neste trabalho, adotaremos a seguinte definição de ciclo de vida: “Estágios do processo de produção e comercialização desde a origem dos recursos naturais até a disposição final dos resíduos de materiais após o uso, passando pelo beneficiamento, transportes, estocagens, processamento, manutenção e outros estágios intermediários” (BARBIERI, Carlos; BRANCHINI, Oziel; EMANUEL, Jorge. *Cadeia de suprimento e avaliação do ciclo de vida do produto: revisão teórica e exemplo de aplicação*, 2009).

O estudo de Avaliação do Ciclo de Vida de um produto tem como finalidade o auxílio na identificação de oportunidades de melhoria nos aspectos ambientais dos produtos nas várias fases do seu ciclo de vida, visando assim minimizar o uso de itens tóxicos, reduzir o consumo de água e energia, diminuir a geração de resíduos (e encontrar soluções para utilizá-los como subprodutos), reduzir os custos dentro do processo, avaliar a utilização de máquinas e equipamentos, e ainda gerenciar outras atividades ambientais referentes ao processo industrial, entre outros fatores. Abaixo, uma figura que representa de maneira simplificada o ciclo de vida de um produto.



Figura 3 - Exemplo de Ciclo de Vida de um Produto Fonte: <http://blog.enciclo.com.br>

5.4.5 Classificação de Resíduos

O crescimento do uso de componentes cimentícios residuais como agregados reciclados na construção civil e o aumento do engajamento às causas ambientais resultou na necessidade de uma padronização de classificação de resíduos.

A Resolução Conama nº307 de 2002 elaborou, no artigo 3º, uma classificação de resíduos conforme a tabela abaixo:

Classificação Resolução Conama nº 307	
Classe	Descrição
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados
B	Resíduos recicláveis para outras destinações
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação
D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção

Figura 4 - Classificação Resolução Conama nº307

A NBR 10.004-2004 também estabeleceu uma nova classificação de resíduos, conforme suas propriedades físicas. Esta norma utiliza como critério os riscos potenciais que resíduos podem trazer ao meio ambiente e à saúde humana. Vede tabela abaixo:

Classificação NBR 10.004	
Classe	Descrição
I	Resíduos perigosos (inflamáveis, corrosíveis, reativos, tóxicos e patogênicos)
II - A	Resíduos não perigosos - Não inertes
II - B	Resíduos não perigosos - Inertes

Figura 5 - Classificação NBR 10004

O entendimento das classificações acima auxiliará o leitor no entendimento deste documento.

5.5 Canteiro de Obras

De acordo com a NBR-12284, o canteiro de obras é definido pelo conjunto de “áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência”. Com essa definição, o canteiro pode ser considerado a fábrica, e a construção o produto final, ou seja, pode ser analisado a partir de seus processos de produção, segundo SOUZA (2000).

Ainda segundo SOUZA (2000), vale a comparação entre as etapas de projeto associadas à concepção de um produto na indústria seriada, onde há três preocupações quanto ao significado de projeto:

- Projeto do produto: que remete às especificações do produto final. No caso do canteiro de obras, seria o equivalente ao projeto da construção em questão, como detalhes arquitetônicos, estruturais, subsistemas, entre outros.
- Projeto do processo: aqui se definem as etapas do processo produtivo para se chegar, a partir das matérias-primas, ao produto final. Especificamente no caso da construção civil, seria o caso de detalhamento do recebimento do material, preparação do material (corte e dobra de aço, mistura do concreto, etc.) e dos detalhes construtivos.
- Projeto da fábrica: seria a organização e definição do espaço disponível para concepção do processo produtivo. O que seria o projeto de canteiro de obras no caso da construção civil, desde sua localização (que em caso de edifícios é no próprio terreno de execução da obra, mas em casos como o da rodovia estudada, estava localizado dividido entre o local de execução e uma localidade mais propícia para estoque, administrativo, fábricas de concreto/asfalto, etc) até sua organização em relação ao espaço disponível, muitas vezes sendo necessário o aluguel de terrenos vizinhos, estudo de vias de acesso ao canteiro, condições de vizinhança, localização das redes de água e energia, entre outros.

Uma diferença entre uma fábrica e um canteiro de obras que vale a pena ser mencionada, também apontado por SOUZA (2000), é que diferente de uma fábrica convencional que normalmente fica num mesmo local por muitos anos, produzindo um produto em grande quantidade, que vão saindo para o consumidor final, o canteiro é implantado em um local, e desmobilizado assim que o produto é terminado.

Diante destas semelhanças, pode-se fazer a análise dos processos produtivos e, a partir da análise, aplicar os conhecimentos e técnicas de ecoeficiência para a “fábrica” da construção, ou seja, o canteiro de obras.

6 ESTUDO DE CASO

“A DERSA - Desenvolvimento Rodoviário S/A é uma empresa de economia mista fundada em 1969, sendo seu principal acionista o Governo do Estado de São Paulo, cujo pioneirismo e criatividade foram responsáveis pelo desenvolvimento e a introdução, no Brasil, de diversas tecnologias no campo da engenharia rodoviária” (Institucional DERSA S/A)

Referência nacional no desenvolvimento de empreendimentos de infraestrutura de transportes, a empresa possui um extenso portfólio de projetos que inclui rodovias, ferrovias, travessias e portos. Com 795 quilômetros de pistas de rodovias implantadas e 370 quilômetros duplicados, destaca-se sua participação no desenvolvimento da malha rodoviária paulista, incluindo seus principais empreendimentos atuais: Rodoanel Norte, Ferroanel Norte e Nova Tamoios.

6.1 Ferroanel

O Ferroanel Norte será um ramal ferroviário de 53 quilômetros de extensão que interligará as estações de Perus, em São Paulo, e de Manoel Feio, em Itaquaquecetuba, em área contígua ao traçado do Rodoanel Norte, como pode ser visto na **Erro! Fonte de referência não encontrada.6**.

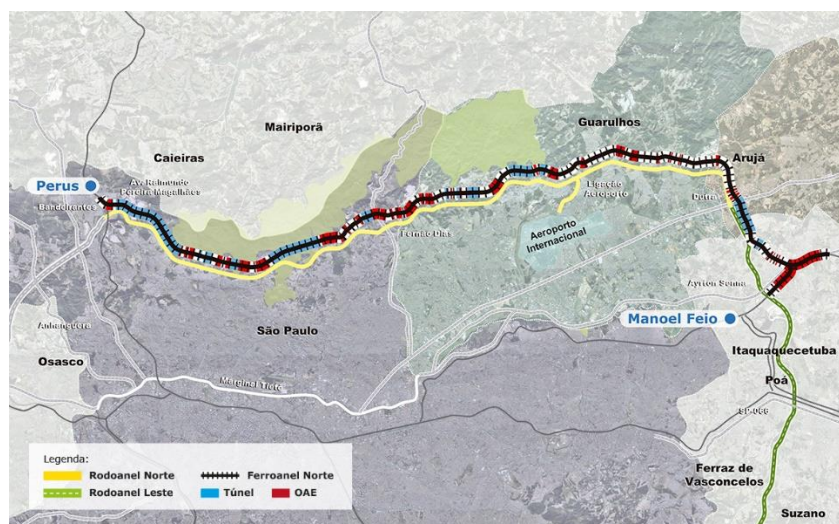


Figura 6 - Ferroanel Norte Fonte: DERSA

Esse novo ramal permitirá a movimentação de cargas do interior do Estado para o Porto de Santos, absorvendo uma parcela da demanda que hoje é atendida predominantemente pelo modal rodoviário. Desse modo, espera-se produzir o mesmo efeito que o Rodoanel Norte aliviando a matriz do transporte paulista.

Apesar de não estar incluído no foco desse estudo, é relevante ressaltar que seu traçado foi desenhado considerando os canteiros e DMEs já licenciados para o Rodoanel Norte, além da possibilidade de aproveitar a estrutura viária criada para o empreendimento anterior, diminuindo futuros impactos ambientais e socioeconômicos.




Figura 7 - Ferroanel Norte paralela ao Rodoanel Norte (visita)

Inclusive, foram disponibilizados pelas construtoras os dados brutos para a elaboração do EIA/RIMA do Ferroanel e servem como referência da quantidade e qualidade dos dados que serão produzidos (Tabela 1 e Tabela 2)

Tabela 1 - Consumo Veículos – Lote 5 Fonte: Construcap

Descrição	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16
Consumo de Combustível	61.978,1	73.258,6	92.994,5	103.765,0	147.474,9	163.589,3	205.470,9	228.474,7	247.331,0	247.532,5	315.809,5	245.517,3
Efetivo de Caminhões	27,0	40,0	46,0	40,7	68,0	82,0	155,0	131,0	152,0	169,0	175,0	160,0
Média de KM dos Caminhões	46.332,0	70.400,0	95.680,0	94.087,2	159.120,0	202.540,0	366.730,0	272.480,0	304.000,0	359.125,0	404.950,0	366.080,0
Efetivo de Máquina	34,0	39,0	42,0	45,0	47,0	59,0	82,0	99,0	124,0	126,0	153,0	89,0
Média horas trabalhada das Máquinas	7.956,0	8.143,2	9.718,8	10.813,5	10.340,1	13.806,4	19.188,2	23.790,0	29.901,3	28.828,8	34.042,5	13.617,3

Tabela 2 - Consumo de água e energia - Lote 5 Fonte: Construcap

		CÓDIGO DA OBRA: R-1254				RESPONSÁVEL: Vinicius Gonçalves					DATA:	
Média por colaborador mensal	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Colaboradores	549	373	385	482	488	587	588	589	590	591	592	593
Água	4,83	7,08	2,45	0,91	0,85	1,90	1,94	0,80	0,69	0,58	0,53	0,40
Energia	119,74	190,80	360,67	293,66	337,59	292,12	266,57	330,94	308,79	281,09	364,63	292,03
CONTROLE DE CONSUMO DE ÁGUA - 2016 (m³)												
ENTRADAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Água de Fornecimento Público (Concessionária)	242,00	160,00	191,00	220,00	113,00	384,00	154,00	183,00	157,00	183,00	169,00	129,00
Água Caminhões "Pipa" (potável)	990,00	760,00	379,00	200,00	292,20	720,71	980,00	280,00	240,00	144,00	126,00	96,00
Água mineral	20,00	11,40	2,90	16,84	9,88	12,74	7,86	7,40	7,44	16,32	21,14	13,12
Captação Superficial (outorga)	1.400,00	1.710,00	372,00									
Outros:												
CONTROLE DE CONSUMO DE ENERGIA - 2016 (Kwh)												
ENTRADAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Energia Elétrica (Concessionária) *	65.737,57	71.166,83	138.856,64	141.546,13	164.743,33	171.475,61	156.740,64	194.921,37	182.187,71	166.123,02	215.860,33	173.174,61

6.2 Rodoanel Trecho Norte

Com a proposta de diminuir os congestionamentos e, consequentemente, economizar tempo e combustíveis, Rodoanel Mario Covas foi projetado para reduzir o tráfego pesado de cargas de passagem na Região Metropolitana de São Paulo. Segundo a DERSA, desviando grande parte do trânsito das marginais, sua extensão total de 176,5 quilômetros interligará importantes rodovias estaduais e federais: Bandeirantes, Anhanguera, Castello Branco, Raposo Tavares, Régis Bittencourt, Imigrantes, Anchieta, Ayrton Senna, Dutra e Fernão Dias (vide Figura 8).

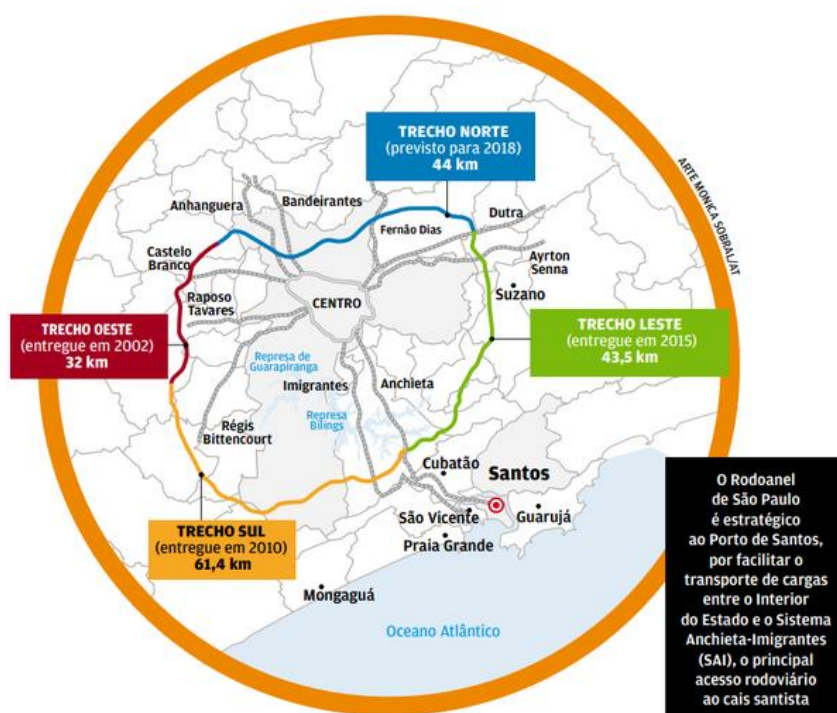


Figura 8 – Rodoanel Mário Covas. Fonte: A Tribuna/Estadão 05/11/2017

No contexto de grandes obras de infraestrutura, que é o caso da construção do Rodoanel, ressalta-se a importância do aspecto ambiental desde a fase de concepção até a operação. Devido ao porte e à complexidade da obra, a implementação de um sistema de gestão ambiental efetivo torna-se um grande desafio, que requer acompanhamento e aperfeiçoamento constante. Destaca-se a inclusão das recomendações da AAE do Programa Rodoanel como parte integrante do Termo de Referência para o EIA/RIMA dos Trechos Sul, Leste e Norte, conforme a deliberação CONSEMA nº 27, de 15/09/2004.

Financiamento BID

O BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento (ou em inglês, IDB Inter-American Development Bank) é um grande financiador de desenvolvimento na América Latina e Caribe. Com a missão de promover infraestrutura sustentável, o BID forneceu ao governo do Estado de São Paulo assessoria para do desenvolvimento do Rodoanel Trecho Norte e um empréstimo de US\$2 bilhões para financiamento de uma parte das obras.

A infraestrutura sustentável é, segundo a definição de trabalho do Grupo BDI, planejada, projetada, construída, operada e desativada de forma a garantir sustentabilidade econômica-financeira, social, ambiental e institucional em todo o ciclo de vida do empreendimento, como mostra a Figura 9.

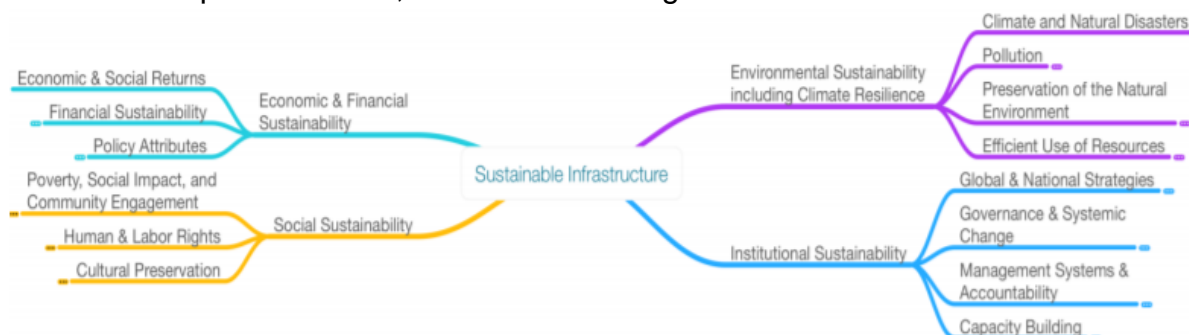


Figura 9 - As 4 dimensões da infraestrutura sustentável Fonte: BDI

Vale destacar a ênfase do BID em traduzir a definição e princípios da sustentabilidade em critérios práticos e mensuráveis, especialmente para a fase pré-construtiva, por reconhecer a maior efetividade alcançada quando são implementados desde o início do ciclo do projeto. Destacam-se, portanto, as quatro dimensões da infraestrutura sustentável, como mostram as seguintes tabelas:

Tabela 3 - Critérios econômico-financeiros para planejamento do projeto Fonte: BID

Economic and Financial Sustainability		
Economic and Social Returns	1	Project design for optimal economic growth
	2	Economic and social return over project life cycle
	3	Increase of local investment
	4	Service access and affordability
	5	Service efficiency, quality, and reliability
	6	Infrastructure asset maintenance and optimal use
Financial Sustainability	7	Positive net present asset value
	8	Adequate risk-adjusted rate of return
	9	Clarity on revenue streams
	10	Operating profitability
	11	Asset profitability
	12	Debt and fiscal sustainability
	13	Liquidity ratios
	14	Solvency ratios
Policy Attributes	15	Efficient risk allocation
	16	Commercial and regulatory incentives for sustainability

Tabela 4 - Critérios ambientais para planejamento do projeto Fonte: BID

Environmental Sustainability, including Climate Resilience		
Climate and Natural Disasters	1	Project design for low GHG emissions
	2	Assessment of climate risks and project-resilient design
	3	Project design and systems optimization for disaster risk management
	4	Durability, flexibility, and recovery of design elements and technological systems
Pollution	5	Project design and systems optimization to minimize air pollutant emissions
	6	Project design and systems optimization to minimize water contamination
	7	Project design and systems optimization to minimize soil and other pollution
Preservation of the Natural Environment	8	Environmental assessment of project impacts
	9	Project design for maximum ecological connectivity
	10	Preserve natural areas, areas with high ecological values, and farmlands
	11	Project design and technology to minimize invasive species
	12	Project design and technology to optimize soils management
Efficient Use of Resources	13	Efficient use of water resources
	14	Material use and recycling
	15	Project design to minimize energy consumption and maximize use of renewable
	16	Waste management and recycling
	17	Hazardous materials

Tabela 5 - Critérios sociais para planejamento do projeto Fonte: BID

Social Sustainability		
Poverty, Social Impact, and Community Engagement	1	Social impact assessment of project
	2	Social sustainability and development plan
	3	Stakeholder engagement process
	4	Community consultation and participation
	5	Project design for fair benefit sharing and compensation to project-affected communities
	6	Project design to minimize impacts of resettlement and economic displacement
	7	Provision of public amenities within project's area of influence
	8	Project design to maximize community mobility and connectivity
Human and Labor Rights	9	Universally accessible project design and technologies
	10	Community health, safety, and security, and crime prevention
	11	Occupational health, safety, and labor standards throughout the project
	12	Project design that preserves the rights of vulnerable groups
	13	Gender-inclusive project design
Cultural Preservation	14	Project design that does not limit communities' access to resources
	15	Cultural resources and heritage
	16	Indigenous and traditional peoples

Tabela 6 - Critérios institucionais para planejamento do projeto Fonte: BID

Institutional Sustainability		
Global and National Strategies	1	Project contribution to national and international commitments for sustainable development
	2	Project alignment with national and sectoral infrastructure plans
	3	Land use and urban planning integration
Governance and Systemic Change	4	Project alignment with economic, territorial, and urban strategies
	5	Project alignment with natural, environment, and social strategies
	6	Establishment of corporate governance structures
	7	Environmental management systems
	8	Social management systems and grievance redress mechanisms for external stakeholders and for workers, including contractors
	9	Project design and systems selection in alignment with certified providers
	10	Anti-corruption and transparency framework
Management Systems, Accountability	11	Project design and systems for engineering and technological feasibility
	12	Project organization to ensure accountability, collaboration, and innovation
	13	Project design and planning to ensure optimal implementation
	14	Project information sustainability monitoring and tracking
Capacity Building	15	Project design and systems to promote institutional capacity building
	16	Local capacities and awareness
	17	Project design and engineering studies for sustainability performance

No aspecto financeiro, em sua nota técnica nº IDB-TN-1388, intitulado “**What is Sustainable Infrastructure?**”, publicada em Março de 2018, o BID destaca a importância de estar explícito nos projetos como será promovida a eficiência, a produtividade, a qualidade e a viabilidade econômica de maneira sustentável em todos os âmbitos do empreendimento, citando o exemplo das licenças de concessionárias e fornecedores. Defende-se também que as análises sejam sustentadas com dados quantitativos, promovendo a transparência e a credibilidade do planejamento.

Considerando aspectos socioeconômicos e ambientais da RMSP, a AAE do Programa Rodoanel tem como objetivos:

- Avaliar a viabilidade ambiental de uma transposição rodoviária da RMSP;
- Avaliar as interfaces com as demais políticas metropolitanas: proteção de mananciais, expansão urbana, conservação ambiental;
- Avaliar a viabilidade ambiental da implantação por trechos
- Orientar os EIAs por trechos operacionais
- Orientar a Gestão Ambiental da Construção e Operação

Na prática, promove-se maior interação técnica entre as equipes de projeto e estudos ambientais, mudança de cultura nas Construtoras em relação à gestão

ambiental, consolidação da atividade de Supervisão Ambiental e de instrumentos de gestão ambiental (ICA, CCA), como consta na Figura 10.

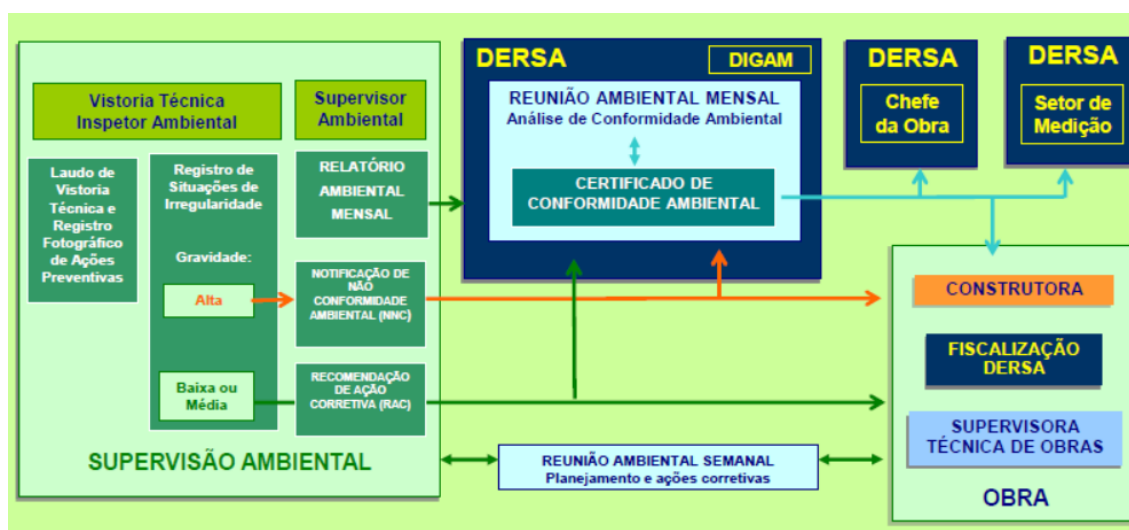


Figura 10 - Supervisão Ambiental do Trecho Sul Fonte: Dersa

Conforme consta no EIA/RIMA do Trecho Norte, elaborado em 2010 pelo consórcio JGP – PRIME, os estudos que o compõem foram baseados no Termo de Referência atualizado e na experiência adquirida nos trechos concluídos (Sul, Leste e Oeste). Destaca-se a proposta de 70 medidas preventivas, mitigadoras e compensatórias agrupadas em 27 Programas Ambientais que compõem o PBA, dividido de acordo com a fase do empreendimento: planejamento, construção e operação, anexadas ao fim deste trabalho.

Essas medidas são repassadas para as construtoras no Compromisso Ambiental do Edital de Contratação no qual ressalta-se que “a plena observância de todas as medidas e obrigações ora descritas será de responsabilidade das construtoras e terá força contratual, podendo resultar na suspensão de pagamento em casos de não-conformidade”.

De forma assegurar o compromisso com o sistema de gestão ambiental, é feito o acompanhamento do desenvolvimento dos Programas Ambientais através das Supervisoras Ambientais.

O foco desse trabalho está no trecho Norte (Figura 11), cujo gerenciamento ambiental é de responsabilidade do consórcio formado pela Prime Engenharia, Ambiente Brasil e JHE.

Totalizando 43,86 km de extensão, as obras do Rodoanel Norte são divididas em seis lotes, sendo prevista uma supervisora ambiental para cada lote.

Lote 1 - extensão de 6,42 km, com início na Avenida Raimundo Pereira de Magalhães, final do Trecho Oeste. Neste trecho será construído um túnel de 1.150 metros e 13 obras de artes especiais (OAE)

Lote 2 - extensão de 4,88 quilômetros situados dentro do município de São Paulo. Nesse lote serão construídos dois túneis: com 350 metros e 850 metros e 08 OAE.

Lote 3 – extensão de 3,62 km situados dentro do município de São Paulo. Serão construídos dois túneis com 1.650 metros e 1.070 metros e 02 OAE.

Lote 4 - extensão de 9,10 km e está passará pelos municípios de São Paulo e Guarulhos e fará a intersecção com a rodovia Fernão Dias. O túnel nesse trecho terá 290 metros de extensão e 35 OAE.

Lote 5 - extensão de 7,88 km e situa-se no município de Guarulhos. Neste lote será construído um túnel de 1.087 metros e 15 OAE.

Lote 6 – extensão de 11,96 km entre as cidades de Guarulhos e Arujá, finalizando o trecho na Rodovia Presidente Dutra, ligando trecho Leste do Rodoanel. Não há túnel nesse lote mas há 38 OAE.



Figura 11 - Rodoanel Trecho Norte. Fonte: DERSA

Vencedor do lote 5, o consórcio responsável pela sua construção é composto pela Construcap CCPS Engenharia e Comércio AS (Brasil) e S.A. de Obras y Servicios COPASA (Espanha).

As figuras Figura 12 e Figura 13 mostram uma visão geral do andamento da obra no lote 5, desde a divulgação dos vencedores da licitação em 2013 até a atualidade, que se encontra em fase de finalização de atividades.

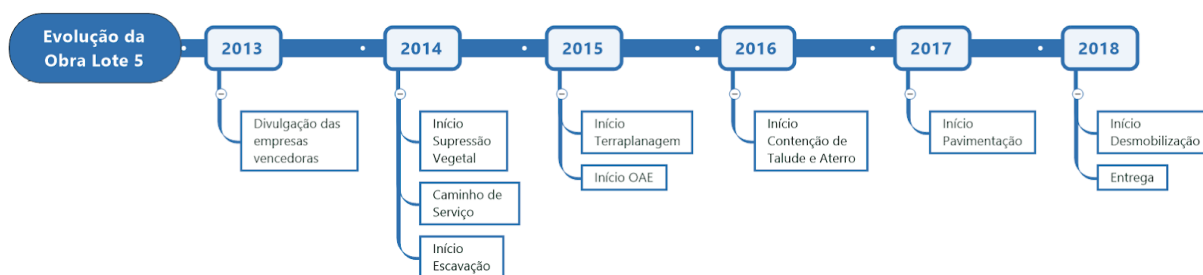


Figura 12 - Evolução da Obra Lote 5 - Rodoanel Norte (linha do tempo)



Figura 13 - Evolução da Obra Lote 5 - Rodoanel Norte (imagens) Fonte: DERSA



Figura 14 Evolução da Obra Lote 5 - Rodoanel Norte (visita)



Figura 15 - Evolução da Obra Lote 5 - Rodoanel Norte (visita)



Figura 16 - Evolução da Obra Lote 5 - Rodoanel Norte (visita)

6.2.1 Localização do canteiro

O acesso ao canteiro de obras do lote 5 é feito na Rua Noburo Nonaka, nº200, localizado em uma região próxima ao Aeroporto Internacional de São Paulo, na cidade de Garulhos, como mostra a Figura 17.

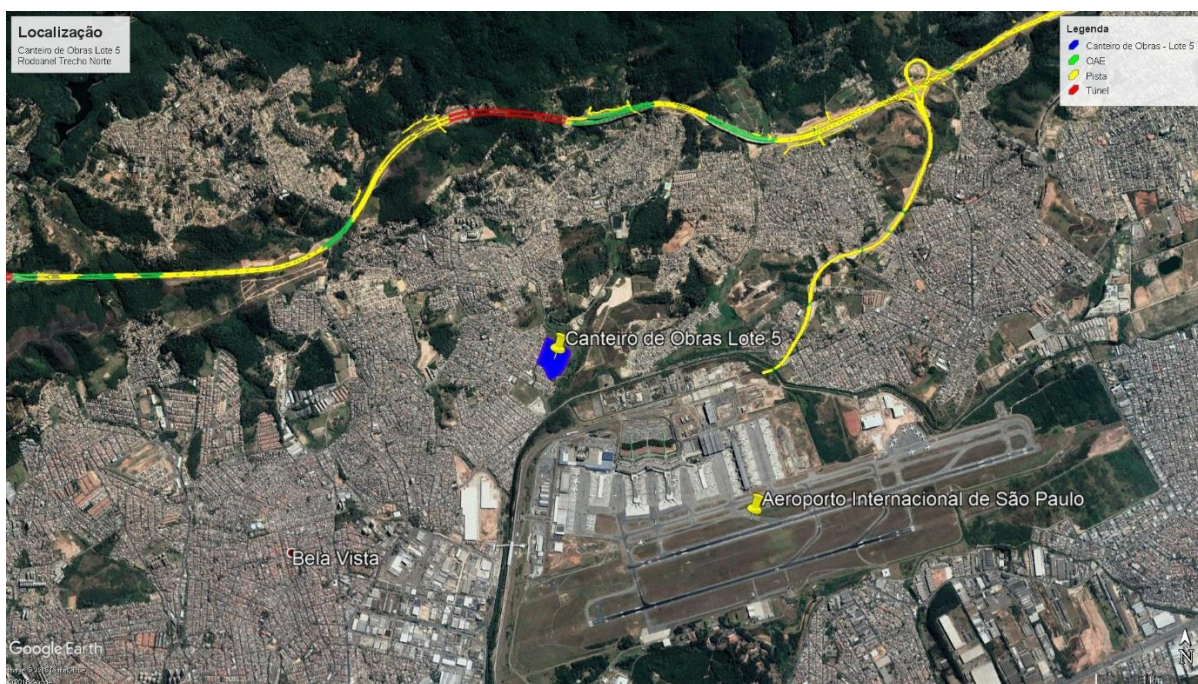


Figura 17 - Localização do Canteiro de Obras do Lote 5 Fonte: Google Earth

A localização do canteiro permite que as atividades sejam desenvolvidas em espaço e condições favoráveis, considerando o tempo de traslado até a frente de obras e a aplicação de produtos, como concreto e asfalto.

6.2.2 Atividades

O fator determinante para a escolha do lote 5 como o foco desse estudo foi a variedade de instalações e, conseqüentemente, de atividades desenvolvidas em seu canteiro:

- Escritórios
- Refeitório
- Almoxarifado
- Estacionamento
- Usina de Concreto
- Usina de Asfalto
- Depósito de Aço e Oficina de corte e dobra
- Tanques de abastecimento (Diesel)
- Central de Resíduos
- Laboratório de Solos
- Ambulatório médico
- Ambulatório para fauna doméstica e silvestre
- Oficina Mecânica
- Viveiro de Mudas
- DME

Apesar do layout do canteiro e as atividades desenvolvidas nele estarem sujeitas a modificações com o avanço da obra, as instalações principais, distribuídas em uma área de aproximadamente 60.000 m², estão indicadas na Figura 18. Figura 17, de acordo com as informações obtidas na visita ao local no dia 18 de maio de 2018.



Figura 18 - Layout do canteiro de obras do lote 5 – Rodoanel Trecho Norte Fonte: Google Earth

O lote encontra-se atualmente em uma fase de desmobilização e encerramento de atividades, com entrega prevista para setembro de 2018.

Segue abaixo os registros fotográficos da visita ao canteiro no dia 18 de maio de 2018.



Figura 19 - Administrativo & Almoarifado



Figura 20 - Almoarifado & Resíduos



Figura 21 - Equipamentos Pesados & Tanques de abastecimento



Figura 22 - Depósito e oficina de Aço



Figura 23 - Usina de concreto



Figura 24 - Tanque de decantação & Caixas d'água



Figura 25 - Usina de Asfalto

- Usina de Concreto

O concreto consumido no lote 5 é fornecido pela Engemix. Por ser um serviço terceirizado, não houve uma descrição muito específica sobre a produção em si. Seria necessário acesso à documentação para verificar a existência ou não de práticas ecoeficientes, o que não foi possível para o desenvolvimento desse relatório.

Entretanto, foi assegurado que existe uma série de exigências da construtora com relação à qualidade, segurança do trabalho e, principalmente, ao meio ambiente. Existe a fiscalização da DERSA quanto à licença, outorgas e documentação de fornecedores, consolidando a implementação do sistema de gestão ambiental em todos os âmbitos do empreendimento.

- Usina de Asfalto

Pelo fato de ser uma usina móvel da própria Construcap, o processo produtivo foi explicado com detalhes durante a visita.

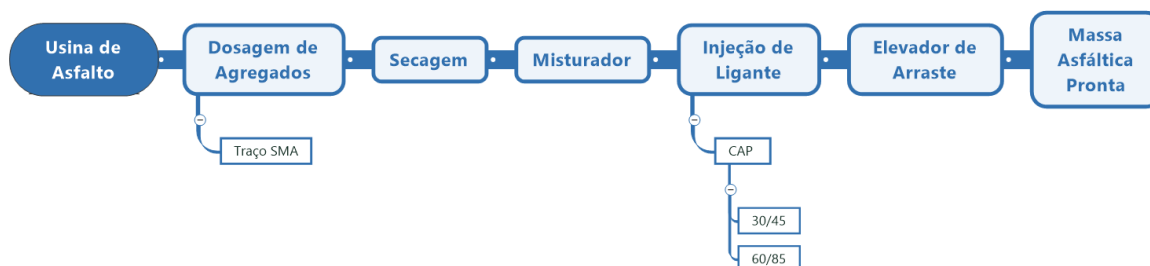


Figura 26 - Processo produtivo - Usina de Asfalto

Impactos na vizinhança:

- Odor desagradável
- Ruído
- Emissão de material particulado

Ressalta-se que já são adotadas medidas mitigadoras atendendo exigências da CETESB quanto ao controle de impactos na vizinhança. Por exemplo, para o controle da emissão de material particulado, além do filtro de manga, foi instalado uma coifa.

Enfatiza-se também a opção pelo traço SMA, com maior teor de ligante, com o intuito de minimizar o consumo de agregados finos. Para contornar o problema de liquefação a altas temperaturas, adiciona-se uma fibra celular com a função de absorver o ligante. Entretanto, considerando o tema ecoeficiência, apenas uma análise qualitativa da atividade é incompleta, sendo necessários dados quantitativos que comprovem a eficiência de qualquer medida que seja proposta.

Considerando as atividades nas duas usinas citadas, existe um fator comum que é o consumo e gastos com água e agregados, que é algo será explorado mais adiante. A partir dos processos produtivos atuais, é possível estimar o impacto ambiental e econômico gerado com a implementação de propostas ecoeficientes no contexto de canteiro de obras de infraestrutura.

7 DADOS OBTIDOS PELA CONSTRUCAP

7.1 Consumo de água

A quase totalidade das atividades desenvolvidas no canteiro de obras envolve o consumo de água, o que torna o controle de seu consumo extremamente importante, seja do ponto de vista ambiental ou financeiro.

A lista de planilhas de consumo de água e energia (vide Tabela 97) disponibilizadas pelo consórcio foram analisadas e adotadas como única referência quanto à quantidade e à qualidade dos dados coletados ao longo do empreendimento.

Tabela 7 – Lista de Planilhas de Consumo disponibilizadas

Lista de Documentos
Planilha de Consumo de água e energia 2016.xlsx
Planilha de Consumo de água e energia 2017.xlsx
R-1254 - Consumo de água e energia 2018.xlsx

Nas Planilhas de Consumo de água e energia são registradas:

- Data
- Consumo (m³ ou kWh)
- Entrada (fonte)

Foi realizado um trabalho de compatibilização das informações distribuídas nas planilhas e reuni-las em um só banco de dados. Assim foi possível traçar o panorama geral e estudar o padrão de consumo de água e energia do canteiro de obras.

No caso desse relatório, o foco estará somente no consumo de água. Como mostra a Tabela 8, foram registrados 5 tipos de fontes de consumo para o período de 2016 a 2018 e seus respectivos volumes consumidos.

Tabela 8 – Fonte de Consumo e Consumo (m³)

Fonte de consumo	Consumo (m³)			
	2016	2017	2018	TOTAL
Água Caminhões "Pipa" (potável)	5207,9	2353,0	0,0	7560,93
Água de Fornecimento Público (Concessionária)	2285,0	2581,0	923,0	5789,00
Água mineral	147,0	319,8	6,6	473,39
Captação Superficial (outorga)	3482,0	0,0	0,0	3482,00
Outros	0,0	0,0	0,0	0
TOTAL	11121,95	5253,77	929,6	17305,32

Com os recursos gráficos da ferramenta PowerBI, foi possível ilustrar o padrão de consumo de água de maneira mais visual e intuitiva. O Gráfico 1 – Comparativo das Médias de Consumo por mês compara a média de consumo de cada mês ao longo do período registrado e mostra a média de consumo do mês.

Nota-se que a amostra de dados é bastante limitada, abrangendo apenas a metade final da “vida” do canteiro de obras, período no qual há redução no consumo

à medida que as atividades são encerradas. Desse modo, não se pode afirmar que os resultados obtidos representem a realidade da obra.

Média de Consumo (m³) e Média de Consumo (m³) por Mês e Ano

Ano 2016 2017 2018 Média de Consumo (m³)

350

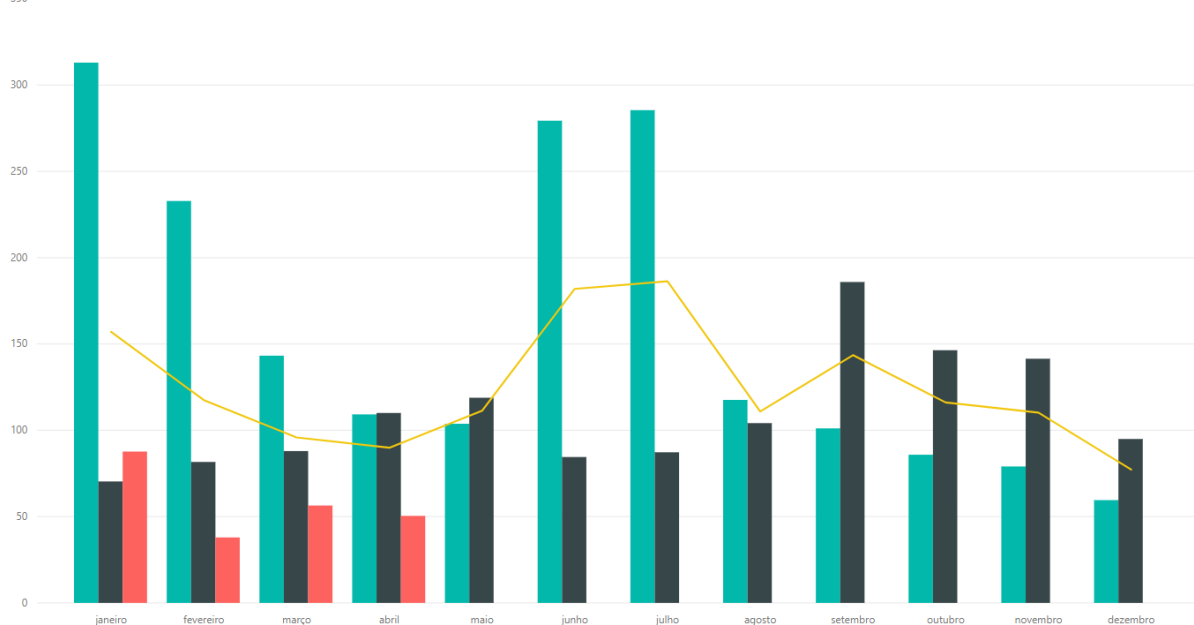


Gráfico 1 – Comparativo das Médias de Consumo por mês

Dentro desse padrão registrado, analisou-se a contribuição de cada fonte de consumo para cada mês, como mostra o gráfico seguinte.

Média de Consumo (m³) por Mês e Fonte de consumo

Fonte de consumo Água Caminhões "Pipa" (potável) Água de Fornecimento Público (Concessionária) Água mineral Captação Superficial (outorga)

1.200

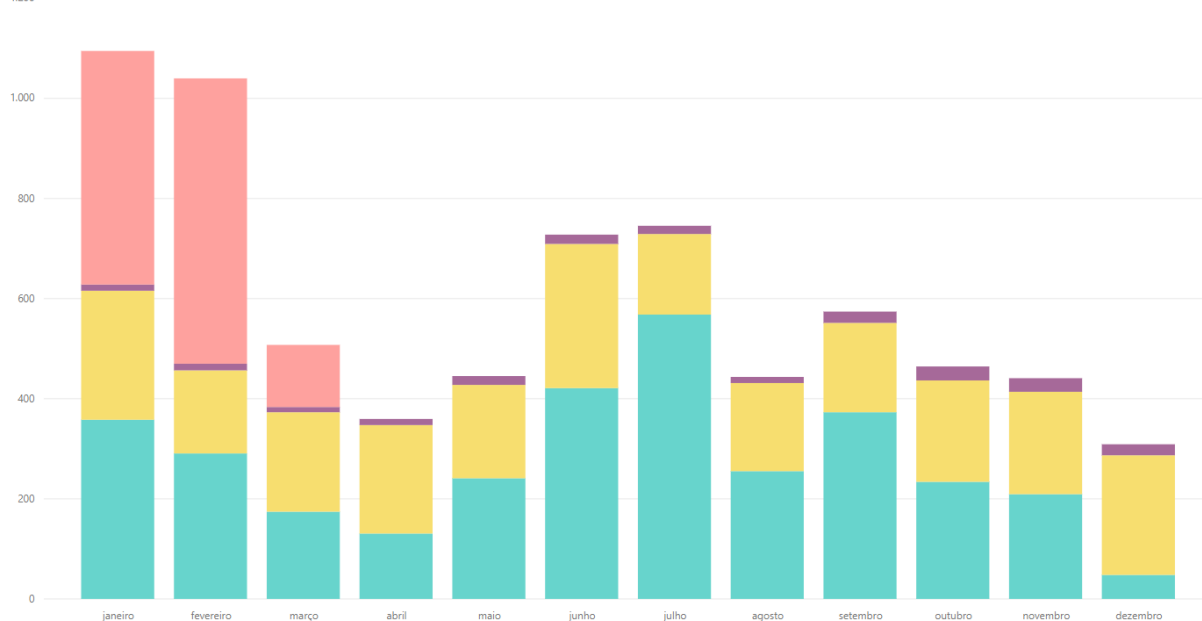


Gráfico 2 - Contribuições de cada fonte de Consumo por mês

Apesar da qualidade dos dados, fica evidente a relevância da água trazida por caminhões "pipa". A importância dessa fonte de consumo para o canteiro de obras

revela uma deficiência qualitativa ou quantitativa no abastecimento por outras fontes, o que evidencia o aspecto crítico do uso da água. Intuitivamente presume-se que os maiores consumidores sejam as usinas de concreto e asfalto, porém não houveram informações disponíveis que relacionassem as fontes às atividades beneficiadas, ou as atividades às fontes.

Essas informações seriam essenciais para estudar objetivamente o ciclo da água no canteiro e identificar oportunidades para implementação de propostas ecoeficientes, visando diminuir a dependência do abastecimento por caminhões “pipa” e melhorar a eficiência no consumo desse recurso.

7.2 Resíduos Sólidos

Todas as atividades desenvolvidas na obra geram resíduos, portanto é responsabilidade da Construcap planejar e implementar o gerenciamento de resíduos no lote 5.

As planilhas CGR (vide Tabela 9) disponibilizadas pelo consórcio foram analisadas e adotadas como única referência quanto à quantidade e à qualidade dos dados coletados ao longo do empreendimento.

Tabela 9 - Lista de Planilhas CGR disponibilizadas

Lista de Documentos	
CGR - R-1254_Dezembro 2014.xls*	CGR - Consolidada dez-2017.xlsx
CGR - R-1254_Dezembro 2015.xls*	CGR - Consolidada jan-2018.xlsx
CGR - R-1254_Dezembro 2016.xlsx*	CGR - Consolidada fev-2018.xlsx
CGR - Consolidada jan-2017.xlsx	CGR - Consolidada abr-2018.xlsx
CGR - Consolidada fev-2017.xlsx	CGR - Consolidada mai-2018.xlsx
CGR - Consolidada abr-2017.xlsx	CGR - Consolidada jun-2018.xlsx
CGR - Consolidada mai-2017.xlsx	CGR - Consolidada jul-2018.xlsx
CGR - Consolidada jun-2017.xlsx	CGR - Consolidada ago-2018.xlsx
CGR - Consolidada jul-2017.xlsx	CGR - Consolidada set-2018.xlsx
CGR - Consolidada ago-2017.xlsx	CGR - Consolidada out-2018.xlsx
CGR - Consolidada set-2017.xlsx	CGR - Consolidada nov-2018.xlsx
CGR - Consolidada out-2017.xlsx	CGR - Consolidada dez-2018.xlsx
CGR - Consolidada nov-2017.xlsx	

* as planilhas relativas a dezembro de 2014, 2015 e 2016 contêm registros de cada mês do respectivo ano

Nas CGR são registradas:

- Data
- Obra
- Gestão responsável pelo resíduo
- Resíduo
- Unidade de medida
- Quantidade gerada
- Processo gerador
- Ação para redução da geração de resíduos
- Quantidade reutilizada
- Quantidade reciclada
- Quantidade remanescente
- Destino final
- Efetivo
- Ano
- Classificação do Resíduo (NBR 10.004)

Devido à grande quantidade de informações distribuídas em diversas planilhas, foi realizado um trabalho de compatibilização para reunir uma base de dados, que consistiu em padronizar a estrutura das planilhas e fazer a conversão de unidades de medida de volume (m³) e unidade (un) em massa (kg).

Com isso, é possível traçar uma visão geral da geração de resíduos, facilitando a análise. Para tal finalidade, foram utilizadas as ferramentas Excel e PowerBI.

A primeira análise empregou o recurso gráfico de Treemap (Gráfico 3) no qual a área do retângulo representa proporcionalmente as quantidades geradas (em kg) de cada resíduo.

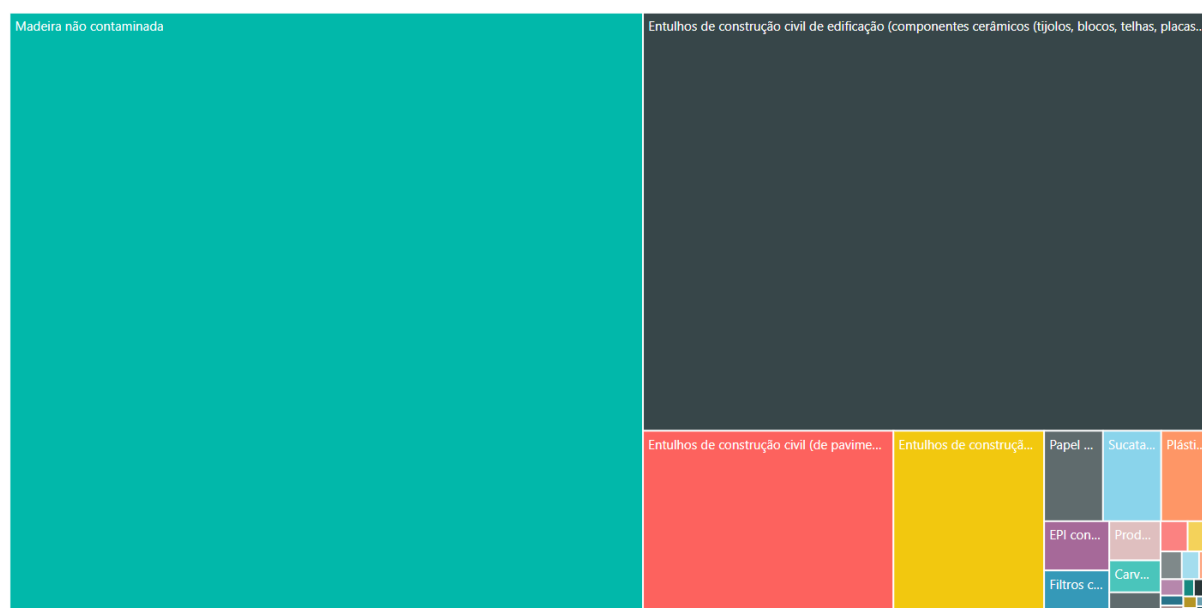


Gráfico 3 – Treemap da Quantidade Gerada de Resíduos

Através desse recurso gráfico, nota-se que quatro tipos de resíduos destacam-se dos demais, listados na Tabela 10.

Tabela 10 – Quatro Resíduos Principais

Nº	Resíduo	Classificação do Resíduo (NBR 10.004)	Processo Gerador	Destino Final
1	Madeira não contaminada	Classe IIA	Carpintaria, Frente de Obra, Obras de arte	Madevila, Translix
2	Entulhos de construção civil de edificação (componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc) argamassa e concreto)	Classe IIB	Frente de Obra	CDR Pedreira
3	Entulhos de construção civil (de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem)	Classe IIB	Frente de Obra, Obras de arte	CDR Pedreira, Translix
4	Entulhos de construção civil de demolição de peças pré-moldadas de concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc) produzidas nos canteiros de obras.	Classe IIB	Produção, Canteiro, Frente de Obra	Translix

O Gráfico 4 e a Tabela 11 mostram o padrão de geração dos quatro principais resíduos ao longo da vida do canteiro de obras.

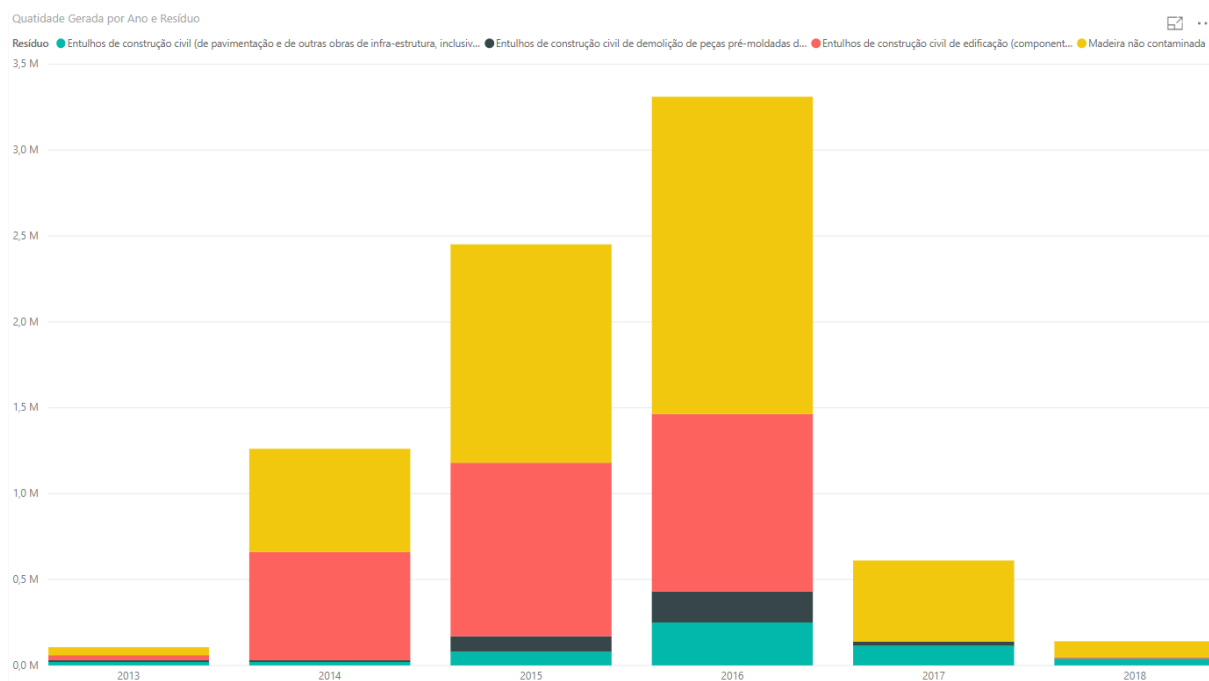


Gráfico 4 – Geração dos Resíduos ao longo do tempo

Tabela 11 – Geração dos Resíduos ao longo do tempo

ANO	Quantidade Gerada (t)				TOTAL
	1	2	3	4	
2013	46,3	30,0	20,0	10,0	106,3
2014	601,3	630,0	20,0	10,0	1261,3
2015	1271,7	1010,0	80,0	90,0	2451,7
2016	1847,1	1034,0	250,0	180,0	3311,1
2017	471,8	0,0	114,3	25,1	611,1
2018	94,8	6,6	39,4	0,0	140,8
TOTAL	4333,0	2710,6	523,7	315,1	7882,4

A constatação da relevância desses quatro resíduos parece estar coerente com o que nos foi relatado durante a visita, porém ressalta-se que os valores de quantidade gerada servem apenas como um referencial da ordem de grandeza. De 2014 a 2016, a unidade de medida adotada para contabilizar esses quatro resíduos era volumétrica (m³). Após isso, passaram a registrar a massa (kg). No momento de compatibilização das planilhas, foi necessário adotar valores médio de densidade para os entulhos de construção civil, cientes de que a proporção de resíduos em cada grupo pode variar. Apesar de empregarem a classificação NBR 10.004 nas planilhas CGR, os grupos de “entulhos de construção civil” seguem o artigo nº 3 da resolução CONAMA nº 307. Segundo a resolução, esses grupos são de Classe A, definidos como “resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados”. A heterogeneidade gera uma certa incerteza quanto ao resultado obtido, porém adota-se a premissa de que as propriedades dos materiais, no que interessam à reutilização e reciclagem, são homogêneas dentro da mesma categoria.

Observa-se que dentre os destinos finais listados, apenas a Madevila e a CDR Pedreira enquadram-se como tal, pois a Translix deveria ser classificada como transportadora, segundo Resolução CONAMA nº 307. As figuras Figura 27 e Figura 28 mostram uma visão focada na CDR Pedreira e da Madevila, respectivamente.



Figura 27 – Localização da CDR Pedreira Fonte: Google Earth



Figura 28 – Localização da MadeVila Fonte: Google Earth

Considerando que o destino final é a área destinada à disposição final do resíduo sólido, a questão da localização é relevante ao estudo, uma vez que o deslocamento entre o canteiro de obras e o destino final representa um custo a ser considerado no gerenciamento. Utilizando a ferramenta Google Earth, foram apresentados duas rotas possíveis para cada destino, como mostram as figuras Figura 29 e Figura 30.

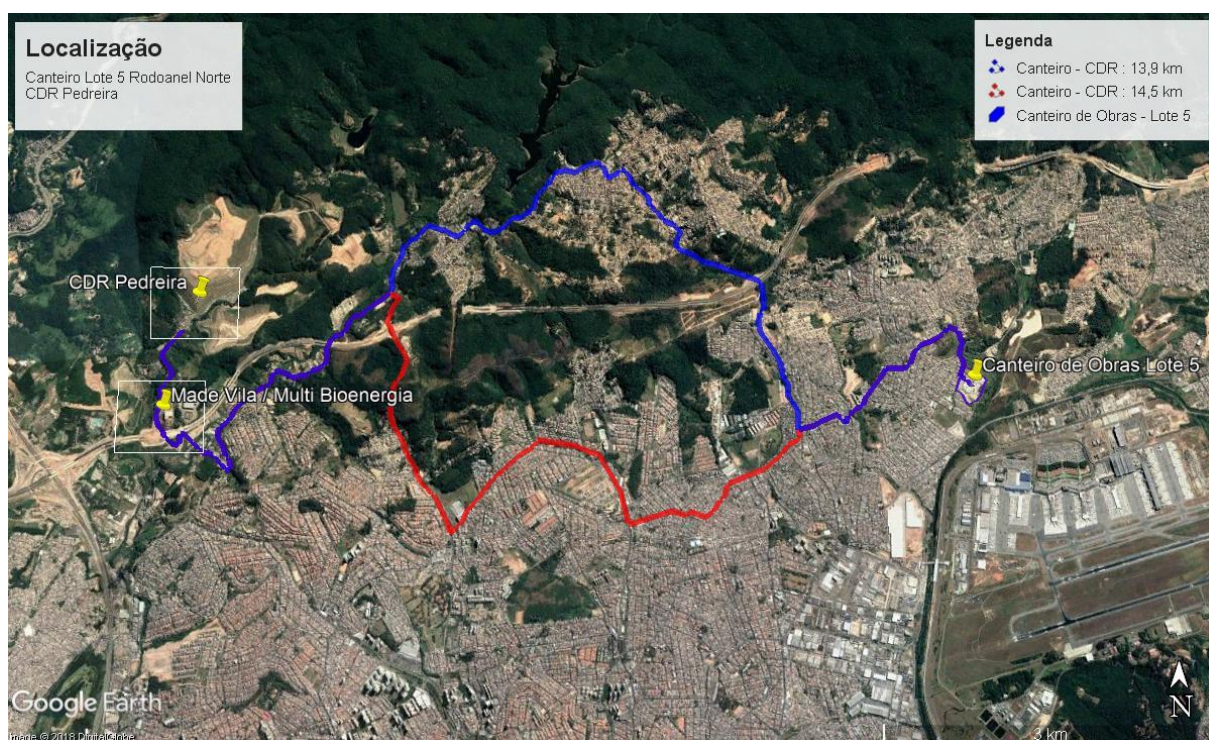


Figura 29 – Rotas do Canteiro Lote 5 até o CDR

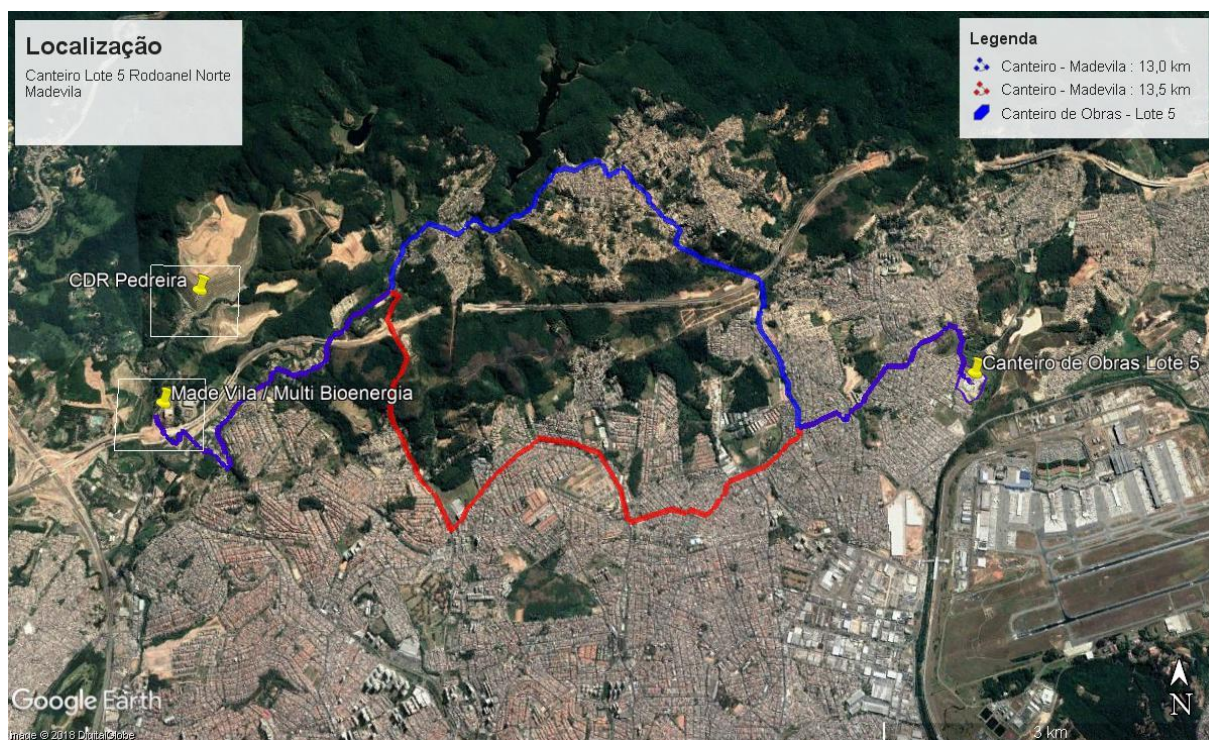


Figura 30 – Rotas do Canteiro Lote 5 até a MadeVila

Tabela 12 – Distância do Canteiro do Lote 5 ao Destino Final

Destino	Distância (km)	Média (km)
CDR Pedreira	13,9	14,2
	14,5	
MadeVila	13,0	13,3
	13,5	

Para estimar o número de viagens para transportar esses resíduos, considerou-se que todo transporte é feito por meio de caminhão basculante, truck eixo duplo, com capacidades máximas de carga 13.000 kg e de volume 12 m³. Cada caminhão carregará um tipo de resíduo até atingir sua capacidade de carga, pois esse será o fator limitante. Utilizando-se das mesmas densidades médias adotadas previamente, calculou-se o volume máximo que poderia ser transportado por caminhão, como mostra a Tabela 13:

Tabela 13 – Volume máximo a ser transportado por caminhão

Resíduo	Capacidade máxima do caminhão (t)	Densidade média do resíduo (t/m ³)	Volume máximo a ser transportado (m ³)
1	13	1,53	8,5
2	13	1,2	10,8
3	13	1,8	7,2
4	13	2,5	5,2

A partir do valor de volume máximo de transporte, conseguimos estimar o número de viagens necessárias para transportar os resíduos para seus destinos finais.

Tabela 14 – Número de viagens de caminhão basculante

Resíduo	Quantidade de Resíduo Gerado (t)	Volume de Resíduo Gerado (m ³)	Nº de viagens
1	4333	2832,03	333
2	2711	2259,17	209
3	524	291,11	40
4	315	126,00	24

Observa-se que os caminhões apresentariam uma ociosidade na capacidade volumétrica, o que é algo indesejável do ponto de vista financeiro, ainda mais considerando o elevado custo de transporte na região metropolitana de São Paulo. Por outro lado, é essencial o respeito à restrição de carga do caminhão pela segurança no tráfego e pela preservação das vias.

É relevante ressaltar que o resultado gerado resulta da adoção do canteiro de obras como ponto de partida para facilitar os cálculos. Entretanto verifica-se o resíduo gerado na frente de obras é enviado diretamente para os destinos finais, sendo assim, nem todo resíduo gerado parte do canteiro de obras. Os caminhões que partem da frente de obras percorrem rotas que variam conforme o ponto de coleta ao longo da extensão do trecho do lote 5.

Para estimar a distância média percorrida por esses caminhões, adotou-se como referência os extremos do trecho do lote 5 (A e B). A partir desses pontos, foram calculadas as possíveis rotas até Madevila e CDR Pedreira, como mostram as Figuras 31 e 32.

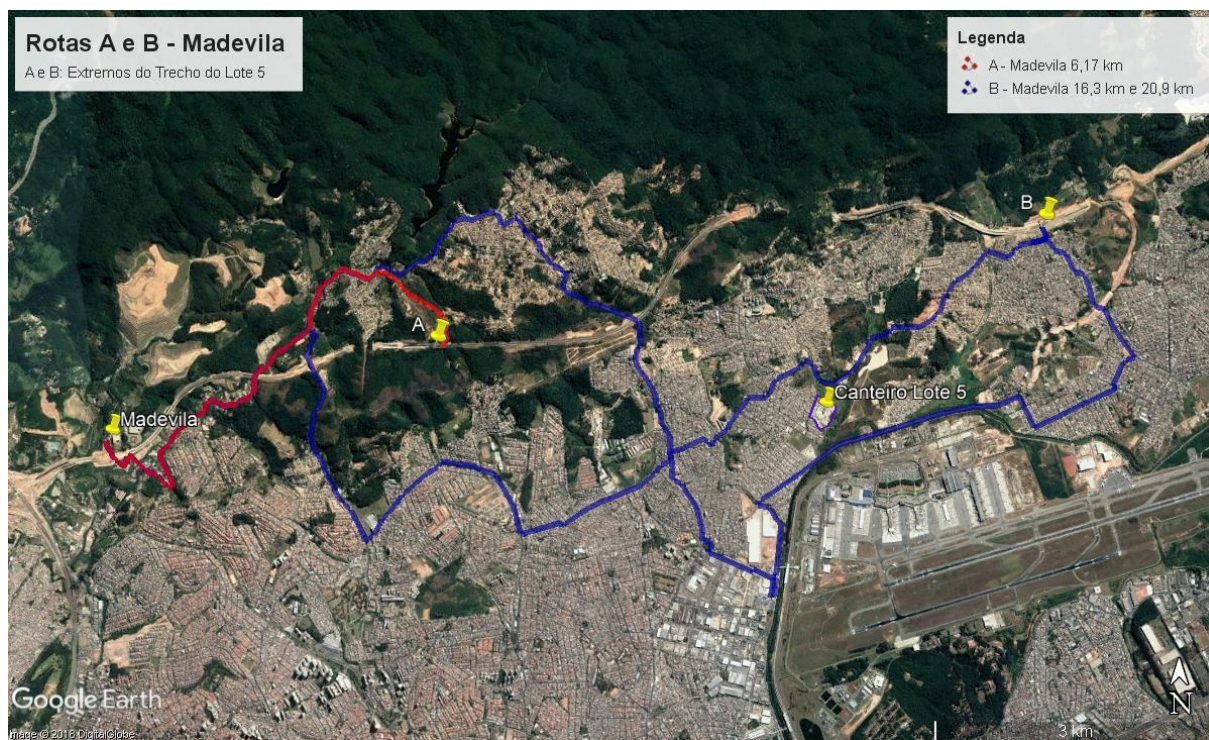


Figura 31 – Rotas da Frente de Obras até Madevila

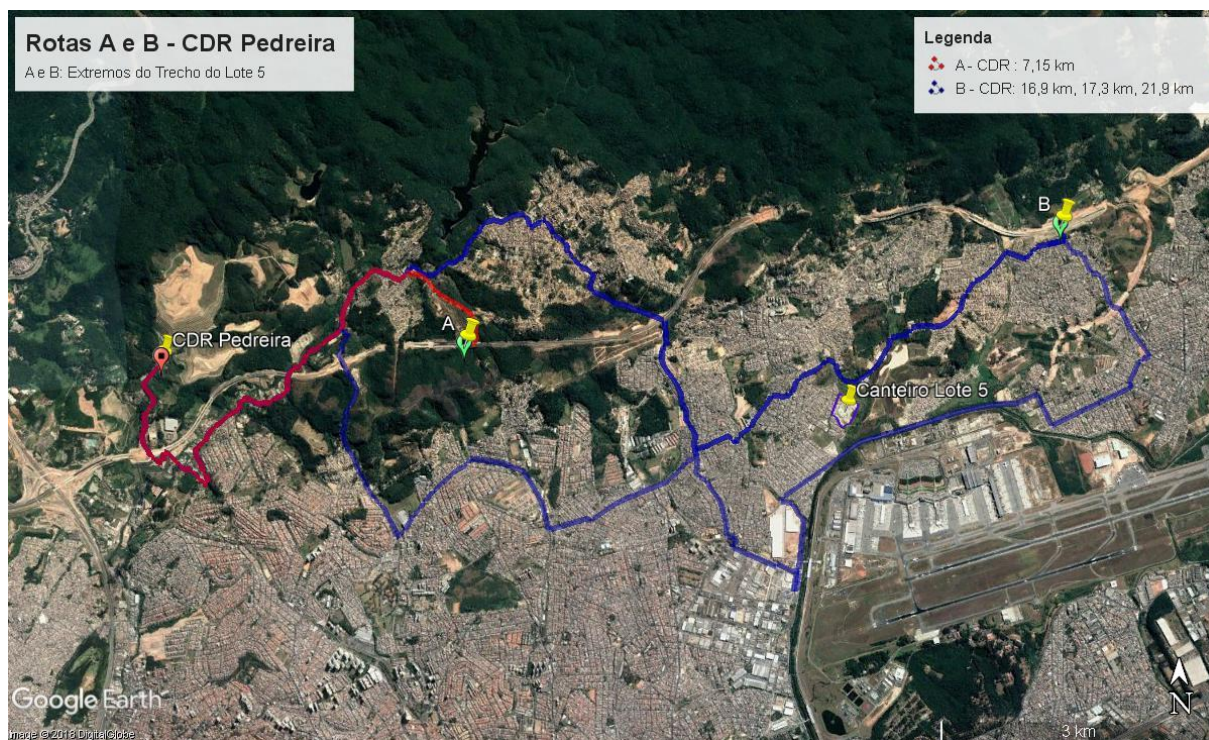


Figura 32 – Rotas da Frente de Obras até CDR Pedreira

Como mostra a Tabela 15, obteve-se uma distância média para cada um dos destinos finais. Evidentemente, essas distâncias diferem das rotas partindo do canteiro de obras, porém não alteram significativamente o resultado final obtido.

Tabela 15 – Distâncias médias A-B até destinos finais

Ponto	Destino	Distância (km)	Média
A	CDR Pedreira	7,15	12,925
B		16,9	
		17,3	
		21,9	
A	MadeVila	6,17	12,385
B		16,3	
		20,9	

Apesar da qualidade dos dados que impede uma análise de viabilidade realista, enxerga-se nesse ponto uma possível oportunidade de implementação de medidas ecoeficientes, que solucionem os passivos ambientais, minimizando a necessidade de transporte e deposição em aterros.

8 SUGESTÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO NO CANTEIRO

Visto que os dados que foram fornecidos pela construtora se mostraram muito pouco quantitativos e às vezes genéricos, ficou constatado que seria impossível a análise de viabilidade de soluções ecoeficientes referentes ao canteiro de obra em si e seus consumos, custos e geração de resíduos.

Frente a isso, ficou decidido que, de acordo com a análise crítica do grupo sobre os dados fornecidos, seriam sugeridas algumas implementações que se provaram vantajosas, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico, em outros empreendimentos e que seriam pertinentes no caso estudado.

8.1 Central Recicladora de Concreto Residual

Uma das opções consideradas foi a instalação de uma central para reciclagem de concreto, cuja função é reaproveitar a água utilizada para lavagem dos caminhões betoneira na própria produção do concreto, consequentemente eliminando a necessidade de tratamento desta água.

Esta alternativa se mostra eficaz devido a economia gerada da eliminação dos custos de transporte e tratamento da água de lavagem, considerando que são utilizados cerca de 800 litros de água para lavagem de um caminhão betoneira de 8m³ (OLIVEIRA, 2017).

Como foi visto no caso do Lote 5 do Rodoanel Trecho Norte, essa água residual era armazenada em tanques de decantação, para posteriormente ser levada para destinação adequada por um caminhão “chupa-cabra” (um caminhão com um tanque de armazenamento que retira a água por vácuo), serviço que foi terceirizado por uma empresa especialista.

A central recicladora de concreto residual se mostrou economicamente vantajosa em relação ao caminhão “chupa-cabra” num estudo e aplicação da obra da Vila Olímpica, no Rio de Janeiro, como será mostrado nos itens seguintes, portanto sendo pertinente que seja uma opção que deveria ter sido considerada, e poderá ser usada no futuro.

8.1.1 Funcionamento e Implantação

A recicladora de concreto residual usada no caso da Vila Olímpica foi a RA 20, modelo da empresa Schwing Stetter. O funcionamento do modelo em questão se dá da seguinte maneira:

- 1) O funcionamento da recicladora inicia automaticamente quando o caminhão betoneira se aproxima.
- 2) Com a ajuda de vibradores instalados na tremonha de alimentação, o concreto residual chega no tambor de lavagem.
- 3) Os postes de água limpa são acionados através de um botão pelo próprio operador do caminhão betoneira.
- 4) Através das canaletas vibratórias, a mistura com granulometria maior do que 0,2 mm é separada e sai do tambor.

- 5) A água residual contém componentes do concreto com agregados de menos de 0,2 mm de diâmetro.
- 6) Após a água ir para o tanque com agitador, a mesma fica em constante movimento. Desta forma, impede a sedimentação dos componentes finos, mantendo uma mistura homogênea, e possibilita a reutilização da água para fabricação de um novo concreto.

De acordo com o manual da recicladora, fornecida pela empresa Schwing Stetter, as centrais de reciclagem de concreto residual são montadas e testadas no próprio canteiro de obras.

O transporte até o local é feito por caminhões convencionais e sua montagem necessita do auxílio de um guindaste tipo Munck convencional com capacidade para até 7 toneladas. A implantação da central de reciclagem é constituída das seguintes partes, como mostra o esquema genérico de implantação mostrado na Figura 33, como projeto, e também uma foto da central montada (Figura 33):

- Fundações e tanques para agitação, executadas pela construtora, de acordo com o projeto fornecido pela Stetter;
- Calha retangular de dosagem do concreto diluído dos caminhões betoneira;
- Alimentador equipado com dois vibradores elétricos para auxiliar no transporte do concreto até o tambor de reciclagem e um sistema d'água de auto-limpeza;
- Motores elétricos equipados com sistema de segurança, controlado por aumento da amparagem elétrica, que automaticamente desliga os vibradores da calha de alimentação e aciona um sinalizador de perigo, em caso de sobrecarga de material;
- Dois postes dosadores de água para os caminhões betoneira, montados com sensores de aproximação e válvulas borboletas de retenção;
- O tambor de reciclagem, emborrachado, acoplados a redutores com acionamento elétrico. Este conjunto é montado do lado externo, do equipamento, sem contato direto com o material reciclado.
- Toda a tubulação de água necessária para o sistema do tambor reciclador, para os postes de dosagem d'água nos caminhões betoneira e o sistema de autolimpeza da calha de alimentação retangular.



Figura 33 - Exemplo de Central Instalada no Canteiro

8.1.2 Viabilidade Dimensional

O primeiro quesito que deve ser atendido, é o de viabilidade dimensional, ou seja, se a instalação da central de reciclagem é viável de acordo com o espaço disponível no canteiro de obras. O caso estudado, do Lote 5 do Rodoanel Trecho Norte, já conta com tanques de decantação, onde a água residual da lavagem dos caminhões betoneira é armazenada para posteriormente ser captada pelos caminhões “chupa-cabra” e destinadas corretamente, como mostra a Figura 34.



Figura 34 - Tanques de Decantação do Canteiro do Lote 5

Como pode ser visto na foto aérea do item “6.1.2 Atividades” deste trabalho, há bastante espaço livre na área delimitada como a área da Usina de Concreto. Área suficiente para que se possa instalar os demais equipamentos para a central de

reciclagem, com exceção dos tanques para agitação, que no caso poderiam ser os mesmos tanques de decantação já instalados. Sendo assim, necessário, de acordo com o esquema da Figura 35, aproximadamente 70 m² a mais para a implantação da central de reciclagem.

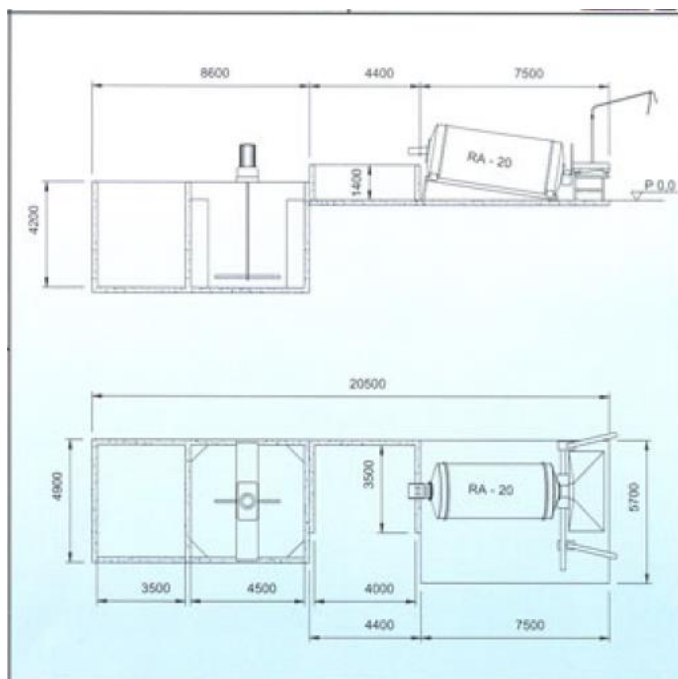


Figura 35 - Exemplo de Desenho Esquemático da Central de Concreto

8.1.3 Viabilidade Econômica

Como mencionado anteriormente, a partir dos dados pouco quantitativos fornecidos pela construtora, seria praticamente impossível fazer um estudo de viabilidade econômica da implementação de uma central de reciclagem no caso estudado. Por esse motivo foram buscados os dados da Vila Olímpica, no Rio de Janeiro, onde uma comparação com o sistema escolhido para destinação da água residual de lavagem dos caminhões betoneira no caso do Lote 5 do Rodoanel Trecho Norte foi feita.

Os dados fornecidos pelo Prof. Dr. Flávio Maranhão, engenheiro responsável pelo estudo da viabilidade econômica da central de reciclagem na Vila Olímpica, mostra que a implementação desse sistema se mostrou vantajoso. Vale também destacar que assim como no caso de estudo deste trabalho, a Vila Olímpica também utilizou uma Usina de Concreto, e o material reciclado foi utilizado na própria obra.

No caso da Vila Olímpica, foram comparadas 3 alternativas possíveis:

- 1) Tratamento e posterior captação do efluente tratado;
- 2) Captação e destinação do efluente sem tratamento;
- 3) Reciclagem do concreto residual.

A primeira comparação seria entre as alternativas 1 e 2, que como podemos ver nas tabelas 16 e 17, mostra que a opção 1 é mais vantajosa, pois o custo da

captação do efluente sem tratamento é muito maior do que a do efluente tratado (4 vezes mais).

Tabela 16 - Dados Alternativa 1

Alternativa 1					
Tratamento			Caminhão Chupa-Cabra		
Água	20	R\$/m ³	Capacidade do Caminhão	12	m ³
Ácido Fosfórico	8	R\$/Kg	Custo de Viagem do Caminhão	300	R\$/viagem
Floculante	2,2	R\$/Kg	Custo Unitário	25	R\$/m ³
Concreto (MP)	190	Kg/m ³	Volume de Efluentes (lavagem)	133	
Volume de Efluentes (lavagem)	133	l/m ³			
Tratamento de Água (pH>10)	7,00378	R\$/m ³			
Ácido Fosfórico para Correção do pH	6,5	kg/m ³			
Floculante	0,3	Kg/m ³			
Total Tratamento	563866	R\$	Total Caminhão Chupa-Cabra	522025	R\$
Total Alternativa 1	1085891	R\$			

Tabela 17 - Dados Alternativa 2

Alternativa 2		
Caminhão Chupa-Cabra (vácuo + disposição)		
Capacidade do Caminhão	12	m ³
Custo de Viagem do Caminhão	1200	R\$/viagem
Custo Unitário	100	R\$/m ³
Volume de Efluentes (lavagem)	133	
Total	2088100	R\$
Total Alternativa 2	2088100	R\$

Em seguida é feita a comparação entre as alternativas 2 e 3, em que são considerados, na alternativa 3, os custos de implantação e operação da central de

reciclagem, além da economia que se teria já que não seria necessário o tratamento do efluente, que teria o custo da alternativa 1, e também o custo de disposição de resíduos que seria eliminado, a vantagem em relação ao desperdício de água e resíduos que são reutilizados no caso da reciclagem, como mostra a tabela 18.

Tabela 18 - Dados Alternativa 3

Alternativa 3		
Central de Reciclagem de Concreto Residual		
Implantação	-201600	R\$
Disposição de Resíduos	217838	R\$
Tratamento do Efluente	1085891	R\$
Operação	-15700	R\$
Reciclagem		
Materiais Primas	117750	R\$
Água	417620	R\$
Saldo	1621798	R\$/m ³
Revenda dos Equipamentos (30%)	54000	R\$
Saving Potencial	1675798	R\$

Portanto pôde-se constatar que uma alternativa que não gera resíduos, já que no caso da Vila Olímpica foi reutilizado 100% do material reciclado, e que consome menos água, ou seja, menos agressiva para o meio ambiente, também é economicamente viável, mostrando uma economia de 5% em relação à alternativa de tratamento do efluente e captação.

8.2 Reciclagem de Entulho

No contexto do canteiro de obras do lote 5, a necessidade de mitigação dos impactos ambientais, dificuldade em encontrar áreas apropriadas para destinação dos resíduos e a distância das áreas de recebimento constituem o desafio a ser superado.

Analisando experiências de outros canteiros de obras com desafios semelhantes, destacou-se a solução que consiste na implementação de Usina de Reciclagem de Entulho (URE). A transformação do resíduo de construção civil em matéria prima para novas atividades torna uma alternativa interessante para a redução do impacto ambiental. Adotando-se o procedimento de armazenar e reciclar os próprios resíduos, verifica-se a possibilidade de reduzir os gastos com a aquisição de agregado para suas obras, bem como reduzir custos com o transporte e deposição de resíduos gerados em aterros licenciados ou usinas de reciclagem de entulho.

Vale ressaltar que construtora possuía um britador de mandíbulas móvel durante alguns períodos mais intensos da obra. Entretanto, foi observado que os resíduos de construção civil da obra (conforme tabelas 10 e 11) não foram destinadas a esse britador.

8.2.1 Viabilidade Dimensional

Analisado o layout do canteiro, não há espaço disponível para instalação de uma Usina de Reciclagem de Entulho (URE). Essa constatação é condizente com o que foi relatado pelo supervisor ambiental da Construcap, que afirma que foi contratado serviço de britador móvel em alguns períodos da obra.

No caso de um britador móvel, há espaço suficiente no canteiro para circulação e armazenamento do material reciclado.

8.2.2 Viabilidade Econômica

Na tomada de decisão pela implantação de qualquer novo equipamento ou alteração de um sistema, é preciso realizar a análise de viabilidade econômica do projeto, de maneira a se manter a segurança do investimento a ser realizado.

Com base no estudo de caso de Osasco, foram identificados os principais indicadores econômicos a serem utilizados, relacionados ao produto final, tais como: as previsões de retorno do investimento e a análise de suas características. Devem ser calculados também o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), o Payback e o Fluxo de Caixa Descontado.

A metodologia da análise de viabilidade econômica de implantação de britador consiste em:

- a. determinação do valor que deixará de ser gasto com aquisição de agregado de usina
- b. obtenção dos custos com equipe de operação (COP)
- c. economia gerada (EG) pela produção do agregado reciclado in loco
- d. fluxo de caixa

Os ganhos econômicos podem ser maiores caso o material reciclado possa ser comercializado para outras obras e construtoras. Sendo assim, e considerando que 1000 m³ de resíduos de concreto fossem destinados ao britados, teria-se uma economia de cerca de R\$ 38.400,00.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a caracterização do canteiro do Lote 5 do Rodoanel Norte, pode-se observar que algumas atividades já têm preocupação com a redução de impactos, como é o caso da usina de asfalto, por exemplo. Apesar das medidas que já foram tomadas, buscou-se neste trabalho mostrar que ainda há possibilidade de aplicação de medidas ecoeficientes em outros aspectos do canteiro.

Apesar de serem identificadas algumas possibilidades, os dados obtidos em relação às medições e impactos continuam sendo, em geral, qualitativos. As planilhas de consumo de água e energia apresentam dados quantitativos, porém abrangem apenas o período de 2016 a início de 2018, sendo amostra insuficiente para representar o padrão de consumo do canteiro de obras. Ressalta-se também a

insuficiência de informações quanto às finalidades de cada fonte de consumo, o que impede a análise do ciclo de água. Essa análise seria importante para compreender a quantidade e a qualidade de água que cada atividade consome, assim como a quantidade e qualidade dos efluentes.

Pelo fato das planilhas de geração de resíduos serem mais completas, foi possível aprofundar mais no estudo e foram identificadas as seguintes medidas que poderiam ter sido adotadas no canteiro: a instalação de uma usina recicladora de concreto e um reciclador de entulho. Ambas as medidas proporcionam não apenas ganhos econômicos, mas também ambientais, seguindo os conceitos da ecoeficiência, como ficou comprovado nos casos em que foram aplicadas.

Por fim, constata-se que o ponto de partida para implementação de medidas ecoeficientes consiste na otimização do sistema de gestão ambiental. Aplicando práticas já consolidadas em outras indústrias, como o controle rigoroso de processos, entradas e saídas, é possível produzir dados mais representativos, de modo que auxilie o gerenciamento a fundamentar as decisões.

Nesse sentido, há também um desafio para que haja uma mudança de mentalidade dos administradores, comprovando-se os impactos positivos das soluções. À medida que a competitividade no mercado se torna mais acirrada, os recursos naturais cada vez mais escassos e caros, a ecoeficiência na construção civil deixa de ser uma preocupação e torna-se uma necessidade, tanto pela questão ambiental, quanto financeira

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: apresentação de citações em documentos: procedimento. Rio de Janeiro, 1988.

BARCELOS, M.F.P. **Ensaio Tecnológico, bioquímico e sensorial de soja**. 1998, 160 f. Tese (Doutorado em Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DERSA Desenvolvimento Rodoviário S/A. **Compromissos Ambientais das Construtoras Contratadas**. São Paulo, 2012.

DERSA Desenvolvimento Rodoviário S/A; CONSÓRCIO JGP – PRIME. **Estudo de Impacto Ambiental do Trecho Norte – Programa Rodoanel Mario Covas**. São Paulo, 2010. v. 12 Relatório Técnico.

DERSA Desenvolvimento Rodoviário S/A; CONSÓRCIO PRIME – AMBIENTE BRASIL – JHE. **21º Relatório Trimestral de Acompanhamento das Licenças de Instalação nos 2167 e 2209**. São Paulo, 2018. Relatório Técnico.

FRASSON, S. A.; FILHO, J.A.P. **Instalação de um Britador de Mandíbulas para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil no Município de Osasco/SP**:

Foco nos Aspectos Econômicos. São Paulo, 2015. (IPTEC - Revista Inovação, Projetos e Tecnologias Vol. 3, N. 2)

GOMES, L.G. **Novela e sociedade no Brasil.** Niterói: EduFF, 1998. 137 p. (Coleção Antropologia e Ciência Política, 15).

GUIMARÃES, M. S. O. **Diretrizes Para Desenvolvimento de Canteiro de Obras Habitacional de Baixo Impacto Ambiental.** Salvador, 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

IDB Invest Inter-American Development Bank. **What Is Sustainable Infrastructure? A Framework to Guide Sustainability Across the Project Cycle.** p.cm. – IDB Technical Note; 1388)

LAPPONI, J.C. **Projeto de investimentos na empresa.** Rio de Janeiro: Campus, 2007.

NETO, G.C.O.; FILHO, M.G.; GANGA, F.M.D.; NAAS, I.A.; VENDRAMENTO, O. **Princípios e ferramentas da produção mais limpa: um estudo exploratório em empresas brasileiras.** Gest. Prod., São Carlos, v. 22, n. 2, p. 326-344, 2015.

São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Estudo de Impacto ambiental EIA – RIMA:** manual de orientação. São Paulo, 1989, 48 p.

SOUZA, U E. L. **Projeto e Implantação de Canteiro.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2001.

SCHMIDHEINY, S.; World Business Council for Sustainable Development (WBCSD): **Changing Course**, 2000

OLIVEIRA, D. M.; **Reúso de Água de Lavagem de Caminhões Betoneira em uma Usina de Concreto**, Goiânia, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:2004 - Resíduos sólidos - Classificação.** Rio de Janeiro, 1988.

ANEXO I

Medidas preventivas, mitigadoras e compensatórias propostas no EIA/RIMA do Trecho Norte

P1 - Programas com Início na Fase Pré-Construtiva

P1.01 - Programa de Estruturação Institucional para Gestão do Rodoanel

- M1.01.01 – Ampliação do Conselho de Apoio à implantação do Rodoanel
- M1.01.02 – Organização de Área de Gestão Ambiental da Dersa para o Trecho Norte
- M1.01.03 – Gestão do orçamento ambiental

P1.02 – Detalhamento do Projeto de Engenharia para Atender às Condicionantes Ambientais

- M1.02.01 - Otimização do balanço de materiais por sub-trecho
- M1.02.02 - Minimização das necessidades de substituição de solos
- M1.02.03 - Minimização das interferências com fluxos transversais de veículos e pedestres
- M1.02.04 - Estudos para adequação do projeto visando a mitigação de ruído em Receptores críticos
- M1.02.05 - Previsão de tubos-camisa para passagens de utilidades públicas
- M1.02.06 - Adequação do projeto de drenagem definitiva
- M1.02.07 - Planejamento das travessias de fauna
- M1.02.08 - Planejamento dos locais para implantação de caixas de contenção de vazamentos
- M1.02.09 - Levantamento de passivos ambientais na faixa de domínio e elaboração de projetos de monitoramento ou recuperação
- M1.02.10 - Planejamento dos locais para baias para transbordo de cargas de veículos com vazamentos
- M1.02.11 - Posicionamento estratégico de retornos operacionais
- M1.02.12 - Barreiras corta-fogo
- M1.02.13 - Projetos de remanejamento de interferências
- M1.02.14 - Projetos de relocação de vias locais e acessos privados

P1.03 - Programa de Licenciamento Ambiental Complementar das Obras

- M1.03.01 - Programação antecipada de gestões de licenciamento
- M1.03.02 - Otimização ambiental do planejamento de áreas de apoio
- M1.03.03 - Acompanhamento das gestões de licenciamento sob responsabilidade das construtoras contratadas

P1.04 - Programa de Incorporação de Condições Ambientais nos Editais de Licitação

- M1.04.01 - Incorporação de critérios ambientais no planejamento dos Lotes para licitação de obras
- M1.04.02 - Inclusão de Instruções de Controle Ambiental das Obras em anexo aos editais de licitação
- M1.04.03 - Inclusão de descrição dos procedimentos de Gestão Ambiental nos editais de licitação
- M1.04.04 - Incorporação de dispositivos de controle de impacto nas planilhas de quantidades dos Editais
- M1.04.05 - Especificação das responsabilidades no atendimento a emergências ambientais durante a construção
- M1.04.06 - Código de Posturas para os trabalhadores

M1.04.07 - Definição de exigências técnicas e organizacionais para as atividades de Gestão Ambiental sob responsabilidade das construtoras

P1.05 - Programa de Comunicação Social Prévia

M1.05.01 - Divulgação geral do empreendimento e do processo de licenciamento

M1.05.02 - Atendimento a consultas e reclamações

M1.05.03 - Implantação de Centros de Informação Itinerantes para atendimento Local

P2 - Programas da Fase de Construção

P2.01 - Programa de Planejamento Ambiental Contínuo da Construção

M2.01.01 - Controle da liberação das frentes de obra

M2.01.02 – Projeto de drenagem provisória

M2.01.03 - Análise de Planos Ambientais de Construção

M2.01.04 - Cadastramento Ambiental e Homologação de fornecedores e prestadores de serviços de apoio à construção

M2.01.05 - Programação conjunta das atividades da Obra

M2.01.06 - Planejamento de desvios provisórios durante a execução das obras

P2.02 - Programa de Adequação Ambiental de Procedimentos Construtivos

M2.02.01 - Medidas de controle de poluição, organização e limpeza

M2.02.02 - Medidas de controle das atividades de limpeza e supressão de vegetação

M2.02.03 - Medidas de sinalização de obra

M2.02.04 - Medidas de controle de erosão e assoreamento, e desestabilização de encostas

M2.02.05 - Procedimentos de desativação e recuperação

M2.02.06 – Cadastro de edificações lindeiras à faixa de domínio

P2.03 - Programa de Operacionalização de Sistemas de Gestão Ambiental pelas Construtoras Contratadas

M2.03.01 - Planejamento e controle ambiental das obras

M2.03.02 - Treinamento ambiental da mão-de-obra

M2.03.03 - Licenciamento ambiental de instalações administrativas e industriais

P2.04 - Programa de Supervisão e Monitoramento Ambiental da Construção

M2.04.01 - Supervisão ambiental das obras

M2.04.02 - Monitoramento de ruído nas frentes de obra e em receptores críticos

M2.04.03 - Monitoramento de material particulado em receptores críticos

M2.04.04 - Monitoramento de vibração nas frentes de obra com escavação de material de 3ª categoria

M2.04.05 - Monitoramento da qualidade das águas durante a construção

P2.05 - Programa de Segurança do Trabalho e Saúde Ocupacional durante a Construção

P2.06 - Programa de Atendimento a Emergências Ambientais Durante a Construção

P2.07 - Programa de Planejamento e Controle Ambiental de Desativação Temporária de Frentes de Obra

M2.07.01 - Desmobilização temporária de obras

M2.07.02 - Comunicação social durante o período de paralisação

P2.08 - Programa de Gerenciamento de Desapropriações e Indenizações

- M2.08.01 - Operacionalização da gestão do Programa
- M2.08.02 – Realização de cadastro físico de propriedades

P2.09 - Programa de Compensação Social e Reassentamento Involuntário

- M2.09.01 - Operacionalização da gestão do Programa
- M2.09.02 – Realização do cadastro social
- M2.09.03 - Elaboração do Plano de Reassentamento
- M2.09.04 - Implantação do Plano de Reassentamento
- M2.09.05 - Monitoramento da reinserção social da população reassentada

P2.10 - Programa de Prospecção, Resgate Arqueológico e Preservação do Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural

- M2.10.01 - Reconhecimento histórico-arqueológico da paisagem e do terreno na área de influência direta
- M2.10.02 - Levantamento arqueológico nas áreas diretamente afetadas
- M2.10.03 - Prospecções e escavações nos sítios arqueológicos identificados
- M2.10.04 - Divulgação dos resultados

P2.11 - Programa de Gerenciamento da Implantação de Plantios Compensatórios

- M2.11.01 - Identificação de áreas para Plantios Compensatórios
- M2.11.02 - Elaboração e aprovação de Projetos de Revegetação Compensatória
- M2.11.03 – Revegetação da faixa de domínio
- M2.11.04 - Programação antecipada de Plantios Compensatórios
- M2.11.05 - Supervisão dos Plantios Compensatórios e monitoramento da sua Consolidação

P2.12 - Programa de Comunicação Social durante a Construção

- M2.12.01 – Divulgação local da evolução de frentes de obra e interferências com a população
- M2.12.02 – Análise de reclamações da população lindeira

P2.13 - Programa de Apoio a Unidades de Conservação

- M2.13.01 – Apoio à gestão das Unidades de Conservação de proteção integral existentes na AI
- M2.13.02 – Apoio a implantação de Parques Municipais no Município de São Paulo, localizados no entorno no Parque Estadual da Cantareira

P2.14 – Programa de Resgate de Flora e Fauna durante a Construção

- M2.14.01 – Programa de resgate de flora durante a construção
- M2.14.02 Resgate e afugentamento prévio da fauna de vertebrados terrestres
- M2.14.03 – Monitoramento de animais domésticos durante a construção

P2.15 - Programa de Relações com as Prefeituras Municipais durante a Construção

P3 - Programas da Fase de Operação

P3.01 - Programa de Supervisão Ambiental da Operação

- M3.01.01 - Acompanhamento do cumprimento de todas as exigências vinculadas à Licença de Operação
- M3.01.02 - Avaliação contínua do desempenho ambiental na operação

P3.02 - Programa de Gestão Ambiental da Operação

- M3.02.01 - Inventário periódico e gerenciamento de passivos ambientais
- M3.02.02 - Plano de gestão de resíduos

M3.02.03 - Manutenção da forração vegetal e revegetação da faixa de domínio

P3.03 - Programa de Monitoramento Ambiental da Operação

M3.03.01 - Monitoramento de ruído durante a operação

M3.03.02 - Monitoramento da qualidade do ar

M3.03.03 - Monitoramento continuado de plantios compensatórios fora da faixa de domínio

M3.03.04 - Monitoramento de fauna durante a operação

M3.03.05 - Monitoramento florestal e de fauna em áreas adjacentes ao Parque Estadual da Cantareira

M3.03.06 - Monitoramento direcionado para as populações de bugios (*Alouatta clamitans*) na área da Fazenda Santa Maria

M3.03.07 - Monitoramento de tráfego

M3.03.08 - Monitoramento de fluxos de pedestres

M3.03.09 – Monitoramento da mancha urbana

P3.04 - Programa de Segurança do Trabalho e Saúde Ocupacional na Operação

M3.04.01 - Incorporação das atividades de operação do Trecho Norte no Plano de Trabalho do SESMT da Diretoria de Operações da Dersa

M3.04.02 - Incorporação das atividades de operação do Trecho Norte no Plano de Trabalho das CIPAs da Diretoria de Operações da Dersa

M3.04.03 - Incorporação do pessoal contratado para operação do Trecho Norte no PCMSO da Diretoria de Operações da Dersa

M3.04.04 - Elaboração de PPRA específico para a operação do Trecho Norte

M3.04.05 - Supervisão da conformidade de prestadores de serviços que apoiarão a operação da rodovia com a legislação de segurança do trabalho e saúde ocupacional

P3.05 - Programa de Atendimento a Emergências Ambientais Durante a Operação

M3.05.01 - Plano de ação de emergência e programa de gerenciamento de riscos para acidentes com produtos perigosos

M3.05.02 - Plano de contingência para combate a incêndio

P3.06 - Programa de Relações com as Prefeituras Municipais durante a Operação

M3.06.01 - Comunicação social durante a operação

M3.06.02 - Atendimento a consultas e reclamações

M3.06.03 - Educação ambiental

P3.07 - Programa de Acompanhamento dos Níveis de Carregamento do Sistema Viário Local