

**APLICAÇÃO DE CONCRETOS FABRICADOS COM RESÍDUOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL NAS GALERIAS DE REDES ELÉTRICAS SUBTERRÂNEAS**  
*APPLICATION OF CONCRETES MANUFACTURED WITH WASTE FROM CIVIL  
CONSTRUCTION IN UNDERGROUND NETWORK GALLERIES*

TONOUE, Fábio Akio<sup>1</sup>; SANTOS, Paula Roberta dos<sup>2</sup>; SILVA, Diego Domingos da<sup>3</sup>  
ROSA, Suzana, Más<sup>4</sup>.

**RESUMO**

O presente trabalho trata da utilização de resíduos da construção civil nas galerias das redes elétricas subterrâneas com intuito de incentivo no aumento da utilização deste modelo de distribuição elétrica, tendo como finalidade buscar o benefício da população em comum, com intuito a demonstração de questões, casos de melhoramentos na sua implantação e aumento consecutivo na qualidade de vida da população. Na elaboração do presente trabalho, buscou-se a conscientização de que a substituição das redes elétricas convencionais pela rede de distribuição subterrânea é viável, sendo que, a utilização de concreto fabricado a partir de resíduos da construção civil para execução das redes subterrâneas contribuirá ainda mais para o aumento da sua utilização, considerando, a diminuição de custos, além de prezar pela e sustentabilidade. O presente trabalho aborda ainda outras questões relacionadas como a utilização de redes subterrâneas como, por exemplo, a possibilidade do aumento gradativo da arborização nos grandes centros, melhorando ainda mais o aspecto visual das cidades. Para tanto, teve-se como pontos específicos sobre a temática abordada, com o aprofundamento necessário, com resolução breve sobre o surgimento da energia elétrica e sua inserção frente a atualidade em busca de novas tecnologias.

**Palavras chaves:** Redes elétricas subterrâneas; Resíduo da construção; Segurança; Baixo custo; Sustentabilidade.

**ABSTRACT**

The present paper deals with the use of construction waste in the galleries of the underground electrical networks with the purpose of encouraging the increase of the use of this electric distribution model, with the purpose of seeking the benefit of the population in common, with the purpose of demonstrating questions, cases improvements in its implementation and a consecutive increase in the quality of life of the population. In the elaboration of the present work, there was the search to elucidate about the guarantee and awareness that the substitution

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ensino Superior do Interior Paulista – FAIP. E-mail: fabiotanoue@hotmail.com

<sup>2</sup> Docente do curso de Engenharias Civil da Faculdade de Ensino Superior do Interior Paulista – FAIP. E-mail: paulasantos.civil@gmail.com

<sup>3</sup> Docente do curso de Engenharias Civil da Faculdade de Ensino Superior do Interior Paulista – FAIP. E-mail: diego\_ecivil@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Docente do curso de Engenharias Civil da Faculdade de Ensino Superior do Interior Paulista – FAIP. E-mail: diego\_ecivil@yahoo.com.br

of the conventional electrical networks by the underground distribution network is consequently feasible, since the use of concrete manufactured from construction waste will contribute even more to the increase of its use, considering the low cost and sustainability for the execution of new projects. In addition, other factors can be considered in the study of this work, for example, the possibility of the gradual increase of the afforestation in the great centers, improving even more the visual aspect of the cities. In order to do so, specific points were taken on the subject, with the necessary deepening, with a brief resolution on the emergence of electric energy and its insertion in the face of current events in search of new technologies.

**Keywords:** Underground grids; Construction waste; Safety; Low cost; Sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

A rede elétrica aos olhos da universalidade mundial é considerada como um dos primórdios das descobertas na antiguidade, que se faz cada vez mais presente e imprescindível na humanidade.

Com isso tornou-se necessário que houvesse a implantação de redes de energia elétrica aéreas para que beneficiasse as vidas das pessoas transportando-a até os consumidores, com utilização e aplicações em diferentes regiões do país.

Em contrapartida, com o passar do tempo juntamente com a alta demanda de distribuição de energia elétrica, acarretou a um aumento considerativo de fiações das redes que viessem de certa forma a demonstrar, principalmente em grandes centros urbanos, uma poluição visual, não somente isto, mas também trazendo risco a integridade da população com acidentes envolvendo as redes de energia elétrica, sendo necessário encontrar uma forma alternativa para a substituição da rede convencional.

Para que ocorra a implantação das redes subterrâneas, é necessário o aprimoramento em novas tecnologias e equipamentos adequados para a execução correta e contínua, que ficam a cargo das concessionárias responsáveis pela distribuição de energia elétrica, a fim de buscar a melhor qualidade na execução do projeto. A implantação das redes de distribuição subterrânea tem um alto custo inicial comparado com a rede de distribuição convencional, podendo chegar até 15 vezes mais caro, dependendo da região.

O presente trabalho traz um estudo sobre a possibilidade da utilização de concreto fabricados a partir de resíduos da construção civil (RCCs), para execução das galerias dos eletrodutos, com o intuito diminuir de custos, visando sustentabilidade para a população.

Através da obtenção dos resultados sobre a compatibilidade da resistência dos RCCs com as cargas aplicadas sobre a galeria dos eletrodutos, é possível identificar a viabilidade técnica/econômica da implantação das redes elétricas subterrâneas utilizando concreto fabricados a partir de RCCs.

## **2 METODOLOGIA**

O desenvolvimento desse trabalho foi baseada numa revisão bibliográfica que buscou conceituar os termos técnicos e científicos aplicados para tal.

O estudo englobou levantamento de dados das tensões produzidas pelo veículo, à resistência do concreto através de ensaios e o levantamento do custo para a produção.

Com um foco direcionado na reciclagem dos RCC, os resultados do trabalho são apresentados segundo a resistência e custos.

## **3 RESULTADOS E DISCUSÃO**

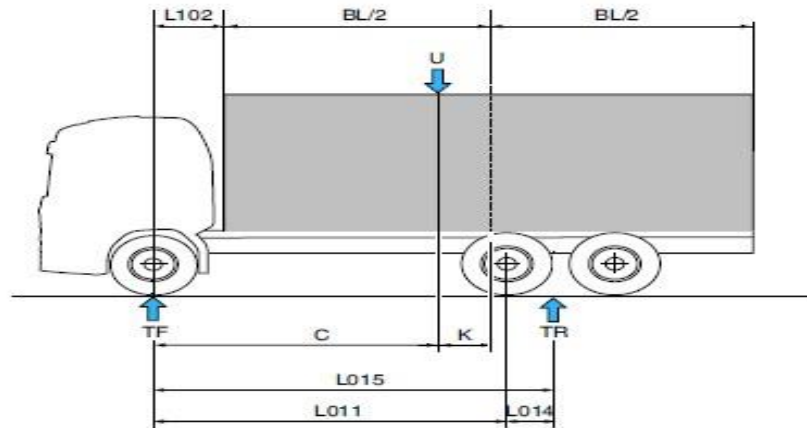
As especificações de normas de instalação subterrânea dizem que, as galerias dos eletrodutos devem ficar a 70 cm de profundidade do nível do solo em calçadas e em caso de cruzamento de vias, esta profundidade precisa ser aumentada para 1 metro. Uma situação genérica será criada para simular uma situação de carga sobre as galerias dos eletrodutos, em que um veículo pesado vai ficar parado exatamente em cima da galeria, carregado com sua carga máxima.

Dois resultados foram destacados nas tabelas citadas anteriormente para ensaio de compressão, os concretos foram fabricados com RCCs, substituindo a brita 01 no traço do concreto, uma amostra fabricada com entulhos apresentando 12,5 Mpa e a outra amostra fabricada com resíduos de concreto pré-fabricado, apresentando 28,8 Mpa de resistência.

A brita 01 é um dos agregados graúdos que compõe o traço do concreto, e tem extrema importância para contribuir com resistência do concreto a compressão. Existem dois tipos de brita 01 a ser comercializado pela empresa Eco Solutions, tem propriedades semelhantes aos materiais estudados nos concretos RCCs utilizados para compatibilidade a galeria da rede subterrânea, brita 1 mista, que são originados de entulhos, e a brita 1 cinza, que se origina a partir da trituração de concreto. O preço de mercado que a empresa Eco Solutions comercializa, equivale à metade do preço encontrado da brita convencional.

Os dados utilizados foram de um caminhão Truck, com as dimensões e cargas atendendo as especificações do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), este modelo de caminhão, figura 1 e tabela 1, é muito comum em grandes centros urbanos, e para calcular, será considerado que este caminhão estará carregado com sua carga máxima.

**Figura 1** - Dimensões do caminhão Scania.



Fonte: SCANIA (2016)

**Tabela 1** - Dimensões do caminhão.

Código da Scania	Código BEP	Explicação
-	L011	Distância entre o eixo dianteiro e o primeiro eixo da tração.
-	L102	Distância entre o eixo dianteiro até a carroceria.
-	L014	Distância entre o primeiro eixo traseiro e o centro teórico de carga para o bogie.
-	L015	Distância teórica do eixo, distância entre os centros teóricos de carga dianteira e traseira.
BL	-	Superfície de carga (comprimento externo do transportador de carga).
K	-	Distância entre o ponto central do transportador de carga e o centro de gravidade da carga e da carroceria ou peso extra.
C	-	Distância entre o centro de carga dianteiro e o centro de gravidade da carga da carroceria ou peso extra.

Fonte: SCANIA (2016)

Um dos modelos mais utilizados pelo fabricante é a Scania P250 DB 6x2, modelo mais compacto, apresenta a maior carga na sua parte traseira, com o total de 19 toneladas dividido entre os dois eixos, o segundo eixo que é responsável pela tração do veículo suporta em carga máxima 10,5 toneladas e o terceiro eixo 8,5 toneladas (SCANIA, 2015).

Para estudo de cálculos, considerando o eixo com maior carga, foi realizada uma análise com a resistência dos dois traços de concretos RCCs, o primeiro apresentou uma resistência de

12,5 MPa e o segundo 28,8 MPa, ambos com cura de 28 dias. A analogia dos cálculos será necessária para identificar a compatibilidade dos concretos na aplicação das galerias dos eletrodutos, e demonstrar a sua resistência sobre a carga exercida nas galerias.

Para calcular as tensões que serão exercidas sobre as galerias, foi utilizado a hipótese de Boussinesq, dado a carga e a profundidade, esta equação permite calcular a dissipação de tensões no solo.

A equação de Boussinesq determina o acréscimo de tensões verticais devido a uma carga pontual aplicada na superfície.

Equação de Boussinesq:

$$\sigma_z = \frac{3 \times P}{2 \times \pi \times z^2} \times \cos \theta \quad \text{ou} \quad \sigma_z = \frac{3 \times P}{2 \times \pi \times z^2} \times \left\{ \frac{1}{1 + (r/z)^2} \right\}^{\frac{5}{2}} \quad (1)$$

Onde:

$\sigma_z$  = acréscimo de tensão vertical

P = Carga aplicada  $z =$

Profundidade  $\pi = 3,1415$   $r =$  raio de formação proporcional ao ângulo

$\theta =$  ângulo

NT = Nível da terra

Dada a equação em sua forma simplificada é possível calcular a dissipação de tensão no maciço de solo:

$$\sigma_z = \frac{0,48 \times P}{z^2} \quad (2)$$

Onde:

$\sigma_z$  = acréscimo de tensão vertical

P = Carga aplicada

z = Profundidade

Então:

P = 10,500 toneladas = 10.500 kg x 9,81 m/s<sup>2</sup> = 103.005 N = 103,005 KN  
Z = 1 metro

$$\sigma_z = \frac{0,48 \times 103,005 \text{ KN}}{1^2} = \frac{49,4424 \text{ KN}}{1} = 49,4424 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 0,494424 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

Podemos utilizar também, para a conferência dos valores de outra equação que segue os princípios da Hipótese de Boussinesq, nesta equação pede-se que considere a distância radial do ponto de concentração de carga que deseja ser encontrado, mas neste caso, vamos desconsiderar, pois, o que importa para determinarmos a compatibilidade do concreto será a carga aplicada diretamente na galeria que esta alojados os eletrodutos.

Dada a equação:

$$\sigma_z = \frac{3 \times P}{2 \times \pi \times z^2} \times \left\{ \frac{1}{1 + (r/z)^2} \right\}^{\frac{5}{2}} \quad (3)$$

Onde:

$\sigma_z$  = acréscimo de tensão vertical

P = Carga aplicada

z = Profundidade                      r =  
distância radial do ponto desejado  $\pi$   
= 3,1415

Então:

P = 10.500 toneladas  $\times 9,81 \text{ m/s}^2 = 103.005 \text{ N} = 103,005 \text{ KN}$

z = 1 metro r = desconsiderar distancia radial

$$\sigma_z = \frac{3 \times 103,005 \text{ KN}}{2 \times 3,1415 \times 1^2} \times \left\{ \frac{1}{1 + (0/1)^2} \right\}^{\frac{5}{2}}$$

$$\sigma_z = \frac{309,015 \text{ KN}}{6,283} \times \{1\}^{\frac{5}{2}}$$

$$\sigma_z = \frac{309,015 \text{ KN}}{6,283} \times 1$$

$$\sigma_z = 49,1827 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 0,491827 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

Foi utilizado dois métodos de cálculos embasados na hipótese de Boussinesq, podemos observar que ambos os resultados foram semelhantes, mas para cálculos de compatibilidade

serão usados o maior valor. Com a aplicação da carga do caminhão em seu peso máximo, identificou-se através dos cálculos que a pressão exercida na galeria será de 0,494424 KN/cm<sup>2</sup>.

Os concretos utilizados para estudo apresentou os seguintes resultados ao ensaio de compressão dos corpos de prova, 12,5 Mpa e 28,8 Mpa, portanto, estão em unidades de medidas diferentes sendo necessária a conversão e conferência de que os concretos são compatíveis com a carga aplicada.

Portanto o primeiro concreto RCC, que vamos chama-lo de “X”, fabricado com entulhos como substituição de agregados graúdos, apresentou o resultado a compressão de 12,5 Mpa em 28 dias de cura, é necessário que faça a conversão para identificar sua compatibilidade, resultando em 1,25KN/cm<sup>2</sup>, como  $\sigma_z \leq \text{RCC X}$ , então o concreto suporta a carga do caminhão.

O segundo concreto RCC, que vamos chamar de “Y” fabricado com resíduos de pré-moldados como agregados graúdos em sua composição, apresentou resultados a compressão de 28,8 Mpa, sendo necessário sua conversão para analisar sua compatibilidade, resultando em 2,88KN/cm<sup>2</sup>, como  $\sigma_z \leq \text{RCC Y}$ , então o concreto suporta a carga do caminhão.

Através dos cálculos foi possível fazer a analogia da compatibilidade do uso dos concretos RCCs, e ambos os resultados apresentaram resistências superiores a carga destacada em estudo neste trabalho, sendo assim, confirmando a sua aplicabilidade nas galerias das redes subterrâneas, visando economia e sustentabilidade na execução do projeto.

Como podemos observar os valores da tabela 2, a brita 1 que pode ser utilizada em concretos, é encontrada no mercado com menos da metade do preço, viabilizando ainda mais a aplicação nas galerias das redes elétricas subterrâneas, além, da contribuição que fará ao meio ambiente com a sua utilização.

**Tabela 2** - Preço comercial da brita 01.

<b>Empresa</b>	<b>Material</b>	<b>Preço</b>
<b>Eco Solutions</b>	Brita 1 mista/cinza	R\$35,00
<b>Empresa convencional</b>	Brita 1 convencional	R\$80,00

Fonte: ECOSOLUTIONS

Embora os estudos sobre a substituição da brita 01 por RCCs no concreto utilizado nas galerias apresente resultados positivos sobre resistência, é necessário que faça a viabilidade de custo financeiros do produto.

Para efeito de cálculos foi determinado um tipo de concreto utilizado em fundações (sapatas, radier e estacas), colunas e vigas com o traço de concreto possuindo características similares ao traço de concreto RCC estudado neste trabalho, apresentado na tabela 3, a seguir.

**Tabela 3** - Traço do concreto.

Traço	Cimento (50 kg)	Areia (m <sup>3</sup> )	Brita 01 (m <sup>3</sup> )	Água (litros)
1:2:4	5,94	0,538	0,84	202

Fonte: Watanabe

Os traços de concreto destacados para cálculos apresentam em sua composição de brita 01, metade de brita convencional e metade de RCCs, aplicando uma regra de três básica e possível identificar quanto vai economizar em um metro cúbico de concreto conforme a tabela 4 a seguir.

**Tabela 4** - Comparação de custos.

	Brita convencional	Brita RCC	Soma
Preço	R\$67,20	R\$29,40	R\$96,60
50%	R\$33,60	R\$14,70	R\$48,30

Fonte: Próprio autor.

O preço médio do concreto usinado convencional na região de Marília e de R\$260,00, assim podemos economizar por metro cúbico de concreto R\$18,90, o que equivale a 7,26% economizado na utilização do concreto fabricado com RCCs. Se o investimento for de R\$1.000.000,00 em um projeto mais amplo na aplicação das redes subterrâneas, a economia pode chegar em até R\$72.600,00, viabilizando ainda mais a utilização e a implantação destes sistemas.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados neste trabalho demonstraram que é possível utilizar RCCs no concreto das galerias dos eletrodutos. Com a utilização do concreto nas galerias das redes subterrâneas o sistema de distribuição torna-se ainda mais economicamente viável.



Os estudos apresentaram os principais fatores que influenciam diretamente para aplicação de novos projetos utilizando esta infraestrutura, o baixo custo na implantação e a sustentabilidade com o reaproveitamento de resíduos gerados na construção civil evitando o descarte no meio ambiente.

A rede de distribuição subterrânea é um sistema que apresenta características positivas aumentando ainda mais a qualidade de vida da população; baixo custo de manutenção, segurança, confiabilidade, menor índice de interrupções no fornecimento de energia elétrica, melhoria no aspecto visual das cidades, aumento de arborização.

Com o reaproveitamento de RCCs no concreto das galerias, este trabalho demonstra que é economicamente viável, mantendo a mesma qualidade na sua aplicação confirmando a sua viabilidade técnica, influenciando ainda mais os responsáveis por melhorias contínuas para a aplicação nos grandes centros urbanos desta infraestrutura.

Alguns estudos realizados no passado indicam que a rede de distribuição subterrânea poderia ser até 15 vezes mais cara que o sistema convencional, porém com o avanço tecnológico esta diferença vem diminuindo gradativamente. Portanto o conhecimento e conscientização de que investimentos bem aplicados e obras bem planejadas garantem um prejuízo menor em longo prazo, mesmo que o projeto tenha um alto custo inicial.

O estudo realizado no presente trabalho demonstrou que o uso de RCCs para a execução de redes subterrâneas traz maior economia, mantendo a mesma qualidade, diminuindo ainda mais a diferença dos investimentos entre as redes elétricas subterrâneas e aéreas, incentivando ainda mais a utilização do sistema de distribuição subterrâneo.

## REFERÊNCIAS

BARRETO, G. A. **Estudo de Viabilidade de Um Sistema de Monitoramento de Baixo Custo para os Sistemas de Distribuição Reticulados Subterrâneos**. Dissertação. Mestrado em Energia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BURGARDT, L. **Saiba como cidades viabilizaram a conversão da fiação aérea por cabeamento enterrado**. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoestecnicas/7/redes-subterraneas-235532-1.aspx>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

COPEL Companhia Paranaense de Energia. **Utilização e Aplicação de Redes de Distribuição Subterrânea**. Disponível em: <[www.copel.com](http://www.copel.com)>. Acesso em: 21 de mar. 18.

ELETROREDE. **Rede Subterrânea: conheça os benefícios.** 2018. Disponível em: <<http://eletrorede.eng.br/blog/2018/03/20/rede-subterranea-beneficios/>>. Acesso em: 04 de jun. 2018.

FARIA, J. H. S. (Cord.). Norma Técnica de Distribuição, **Critérios de Projeto e Padrões de Construção de Rede de Distribuição Subterrânea.** CEB – Distribuição, Diretoria de Engenharia Superintendência de Planejamento e Projetos Gerência de Normatização e Tecnologia, 2014.

GAUCHE, E., ANDRADE, F. F., COELHO, J., FROHLICH, A. A. M., MATOS, R., TREVISAN, F., SANTOS, D. M., GUIMARÃES, V. L., LEAL, C. T., PEREIRA, F. C. **Monitoração de Redes Subterrâneas para a Melhoria da Qualidade na Distribuição.** Disponível em: <[https://www.lisha.ufsc.br/pub/Gauche\\_CBQEE\\_2007.pdf](https://www.lisha.ufsc.br/pub/Gauche_CBQEE_2007.pdf)>. Acesso em: 05 de jun. 2018.

Grupo Máquinas PR. **Cidades investem em fiação elétrica subterrânea.** ENGENHO EDIORA TECNICA LTDA. 2014. Disponível em: <<http://brasilengenharia.com/portal/noticias/noticias-da-engenharia/10672-cidades-investemem-fiacao-eletrica-subterranea>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

GOLINSKI, M. C., OLIVEIRA, J. V. **Estudo de Viabilização de Construção de Rede de Distribuição de Energia Subterrânea.** Revista Technoeng. Faculdades de Ponta Grossa, 2016.

GONÇALVES, M. S. **ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONCRETO ORIUNDOS DA PRÉ FABRICAÇÃO COMO AGREGADO GRAÚDO PARA A PRODUÇÃO DE NOVOS CONCRETOS.** Dissertação. Mestrado de Engenharia Civil. Universidade do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grade do Sul, 2011.

NAKAGUISHI, M. I., HERMES, P. D., **Estudo Comparativo Técnico/Financeiro para Implantação de Redes de Distribuição Subterrâneas.** Trabalho de conclusão de curso. Setor de Tecnologia – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PIERDONÁ, D. H., FERNANDES, M. A., SCHLEMMER, O., TERLUK, V. **Estudo Comparativo Técnico/Financeiro Entre Linhas de Transmissão Aéreas e Subterrâneas, Em Grandes Centros Urbanos.** Monografia. Graduação de Engenharia Elétrica, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2003.

SCANIA, Truck Bodybuilder. **Informações gerais sobre cálculos de peso do eixo.** Calculo de peso por eixo. Ed. 635, 2016.

SCANIA. **Especificações Técnicas.** Site de especificações técnicas. Disponível em: <[https://www.scania.com/content/dam/scanianoe/market/br/pdfs/especifica%C3%A7%C3%B5es/p/P250\\_DB6X2.pdf](https://www.scania.com/content/dam/scanianoe/market/br/pdfs/especifica%C3%A7%C3%B5es/p/P250_DB6X2.pdf)>. Acesso em: 17 de agos. 2018.

SILVA, L. R. A. **UTILIZAÇÃO DO ENTULHO COM AGREGADO PARA A PRODUÇÃO DE CONCRETO RECICLADO**. Monografia. Pós-Graduação de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2004.

VILLELA, A.G.; OLIVEIRA J.J.S.; BRUNHEROTO, P.A.; PINHEIRO, W.; GOUVÊA, M.R.; CUNHA, A.P.; CABRAL, S.L. **Desenvolvimento de Novos Padrões de Redes de Distribuição Subterrâneas para Áreas Densamente Urbanizadas**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/citenel2007/pdf/ptr11.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

WANABE. **Traços do Concreto**. 2009. Disponível em: <<http://www.ebanataw.com.br/roberto/concreto/conc9.htm>>. Acesso em 17 de agost. 2018.