



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ANTÔNIO ANDERSON FONSECA DE SOUSA**

**ANÁLISE DE ASPECTOS DE SEGURANÇA DE PESSOAS E EQUIPAMENTOS NAS  
SUBESTAÇÕES DE UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL MEDIANTE CRITÉRIOS  
ESTABELECIDOS PELA NR10**

**FORTALEZA**

**2018**

ANTÔNIO ANDERSON FONSECA DE SOUSA

**ANÁLISE DE ASPECTOS DE SEGURANÇA DE PESSOAS E EQUIPAMENTOS NAS  
SUBESTAÇÕES DE UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL MEDIANTE CRITÉRIOS  
ESTABELECIDOS PELA NR10**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Amaral da Camara

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S696a Sousa, Antônio Anderson Fonseca de.  
Análise de aspectos de segurança de pessoas e equipamentos nas subestações de uma instalação industrial mediante critérios estabelecidos pela NR10 / Antônio Anderson Fonseca de Sousa. – 2018.  
51 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Raphael Amaral da Camara.

1. Normas de Segurança. 2. Segurança do Trabalho. 3. Subestações Elétricas. I. Título.

CDD 621.3

---

ANTONIO ANDERSON FONSECA DE SOUSA

ANÁLISE DE ASPECTOS DE SEGURANÇA DE PESSOAS E EQUIPAMENTOS NAS  
SUBESTAÇÕES DE UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL MEDIANTE CRITÉRIOS  
ESTABELECIDOS PELA NR10

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Raphael Amaral da Camara (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. MSc. Lucas Silveira Melo  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng<sup>a</sup> Andresa Kelly Ribeiro Sombra

Universidade Federal do Ceará (UFC)

*À Deus,  
À minha esposa,  
À meus pais e avós,  
Aos familiares e amigos.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Raphael Amaral da Camara pela disponibilidade, atenção, conselhos e sugestões dados ao longo do processo de construção desta monografia de conclusão de curso.

Aos componentes da banca examinadora, Prof. MSc. Lucas Silveira Melo e Eng<sup>a</sup> Andresa Kelly Ribeiro Sombra, que tão prontamente aceitaram meu convite em participar deste momento. Suas sinceras observações e sugestões deram a este trabalho o polimento final.

A todos meus amigos de graduação, em especial, Marcelo Henrique, Kalil Barbosa, Breno Negreiros, Eveni Pereira, Mykaelle Nascimento, Ana Carolina Araújo, Lucas Pereira, Afonso Almeida, Letícia Veras, Fábio Rocha, David Rabelo, Tiago Pereira, Priscila Barbosa, Guilherme Henrique, Eduardo Ciarlini, Eduardo Maia, Eduardo Apoliano, Carlos Rafael, Lucas Belmino e Natália Pimentel, pelo companheirismo e apoio durante os anos desafiadores da graduação.

Aos professores Dr. Tomás Nunes Cavalcante, Dr. Paulo Carvalho, Dr. Tobias Rafael, Dr. Almeida, Dr. Alexandre Mont'Alverne, Dr. Sérgio Daher, Dr. Kleber Lira, Dr. Gustavo e Dr. Tarcísio por se dedicarem em transmitir seus conhecimentos a alunos como eu.

Aos colegas de trabalho Reginaldo Almeida, Joyce Sabino, Roseanne Paiva, Bruno Coelho, Douglas Barreto e Rogério Nascimento por acreditarem em meu potencial.

Aos meus pais e avós por me educarem, me ensinarem o valor da educação e do conhecimento e por oferecerem o suporte necessário para que este momento se concretizasse. Vocês foram fundamentais para a realização deste momento.

À minha esposa Vanisia Rodrigues por permanecer sempre ao meu lado em todos os momentos, por seus incentivos e amor.

À toda minha família pela motivação e confiança dados a mim. Vocês são especiais.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta na consumação deste momento.

“A ciência é, portanto, uma perversão de si mesma, a menos que tenha como fim último, melhorar a humanidade.”

Nikola Tesla

## RESUMO

**Introdução:** Este texto se inicia tratando de conceitos básicos a respeito da energia elétrica e suas características e, em seguida, parte para a exposição e discussão de maneira generalista a respeito do Sistema Elétrico Nacional (SIN), que é como se chama o sistema de geração, transmissão e distribuição de energia nacional. **Objetivo:** Este documento tem por objetivo geral realizar um estudo das condições de segurança das Subestações de uma indústria localizada em Maracanaú-CE segundo as exigências da NR-10. **Motivação e Dados Estatísticos:** Trata-se de dados estatísticos relacionados aos acidentes com eletricidade em todo o território nacional com o intuito de se debater a importância da elaboração, estudo e aplicação de normas de segurança, neste caso a NR-10. **Análise de Riscos:** Iniciando os debates quanto ao que trata a Norma Regulamentadora Nº 10, conceitos como riscos, análise de riscos, tipos de riscos, análise preliminar de riscos, mapa de riscos, equipamentos de proteção individual e equipamentos de proteção coletiva são debatidos. **Estudo de Caso:** Elaborou-se uma Análise Preliminar de Riscos (APR), um check-list baseado nos conceitos da NR-10 e um mapa de riscos da parte abrigada da Subestação de 69 KV analisada. **Considerações Finais:** Listou-se no fim deste trabalho uma lista de atividades que devem ser executadas para devida adequação de cada uma das subestações à NR-10.

**Palavras-chave:** Normas de Segurança. Segurança do Trabalho. Subestações Elétricas.



## ABSTRACT

**Introduction:** This text begins with a discussion of basic concepts regarding electric energy and its characteristics, and then part for the exposition and discussion in a general way about the National Electrical System (SIN), which is called the system of generation, transmission and distribution. **Objective:** The purpose of this document is to conduct a study of the safety conditions of the substations of an industry located in Maracanaú-CE according to the requirements of NR-10. **Motivation and Statistical Data:** This is statistical data related to accidents with electricity throughout the national territory in order to discuss the importance of the elaboration, study and application of safety standards, in this case NR-10. **Risk Analysis:** Initiating the debates regarding what Regulatory Standard No. 10 deals with, concepts such as risks, risk analysis, types of risks, preliminary risk analysis, risk mapping, individual protection equipment and collective protection equipment are discussed. **Case Study:** A Preliminary Risk Analysis (APR) was prepared, a checklist based on the concepts of NR-10 and a risk map of the sheltered part of the analyzed 69 KV Substation. **Final Considerations:** At the end of this work a list of activities to be carried out to suit each substation to NR-10 was listed.

**Keywords:** Safety rules. Workplace safety. Electrical substations.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Matriz elétrica brasileira em 2016. ....	16
Figura 2: Consumo final de energia por fonte no Brasil. ....	17
Figura 3: Mortes por acidente de origem elétrica no Brasil no período de 2013 a 2016. ....	19
Figura 4: Total de choques elétricos fatais e não fatais 2013 - 2016. ....	20
Figura 5: Comparativo de mortes por choque elétrico no Brasil 2013 - 2016. ....	22
Figura 6: Exemplo genérico de APR. ....	26
Figura 7: Exemplos de equipamentos de proteção coletiva. ....	31
Figura 8: Consumo final de energia por fonte no Brasil. ....	48
Figura 9: Consumo de energia na indústria brasileira. ....	48
Figura 10: Consumo de energia nos transportes. ....	49
Figura 11: Consumo residencial de energia. ....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1:População no Brasil e regiões.....	21
Tabela 2: Resultados do checklist – SE 69kV.....	34
Tabela 3: Resultados do checklist – SE 13.8kV N° 01.....	37
Tabela 4: Resultados do checklist – SE 13.8kV N° 02.....	40
Tabela 5: Resultados do checklist – SE 13.8kV N° 03.....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MME	Ministério de Minas e Energia
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
BT	Baixa Tensão
MT	Média Tensão
AT	Alta Tensão
NR	Norma Regulamentadora
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
APR	Análise Preliminar de Riscos
kV	Quilovolt
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ABRACOPEL	Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>O SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>A energia elétrica e a sociedade brasileira.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>MOTIVAÇÃO E DADOS ESTATÍSTICOS.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Origem dos dados estatísticos utilizados.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Dados gerais de acidentes de origem elétrica no Brasil.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Dados de acidentes de origem elétrica no nordeste brasileiro.....</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DE RISCOS.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Conceitos básicos.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise preliminar de riscos.....</b>	<b>26</b>
<b>4.3</b>	<b>Mapa de riscos.....</b>	<b>28</b>
<b>4.3.1</b>	<b><i>Etapas da elaboração de um mapa de riscos.....</i></b>	<b>28</b>
<b>4.3.2</b>	<b><i>Classificação dos riscos.....</i></b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>5.1</b>	<b>Equipamentos de proteção coletiva.....</b>	<b>31</b>
<b>5.2</b>	<b>Equipamentos de proteção individual.....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>34</b>
<b>6.1</b>	<b>A planta industrial.....</b>	<b>34</b>
<b>6.2</b>	<b>Subestação 69kV/13.8kV.....</b>	<b>34</b>
<b>6.3</b>	<b>Subestação 13.8kV/380V N° 01.....</b>	<b>37</b>
<b>6.4</b>	<b>Subestação 13.8kV/380V N° 02.....</b>	<b>40</b>
<b>6.3</b>	<b>Subestação 13.8kV/380V N° 03.....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>
	<b>ANEXO I - UTILIZAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL.....</b>	<b>49</b>
	<b>APÊNDICE A - ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO PARA</b>	
	<b>TRABALHOS EM SUBESTAÇÕES DE 13.8 kV/380 V.....</b>	<b>51</b>
	<b>APÊNDICE B - MAPA DE RISCO DA SE 69KV.....</b>	<b>52</b>
	<b>APÊNDICE C - CHECKLIST APLICADO EM CAMPO.....</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A eletricidade é uma forma de energia amplamente utilizada em nossa sociedade. Sua incrível versatilidade permitiu o desenvolvimento de nossa sociedade moderna e, daqui em diante a tendência é que nossa sociedade se torne cada vez mais dependente deste tipo de energia (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018).

A energia elétrica é gerada de diversas maneiras diferentes inclusive por meios com baixo impacto ambiental como a geração através da energia solar fotovoltaica e energia eólica. Sua transmissão se dá de maneira completamente dominada pela sociedade humana permitindo que sua geração e consumo se deem a centenas de quilômetros de distância, como é visto em nosso Sistema Interligado Nacional (CARVALHO, 2012).

Os sistemas distribuição modernos são altamente desenvolvidos pois utilizam diversas tecnologias que permitem que a distribuição possa ser ramificada de maneira segura e eficiente e controlada através de multimedidores modernos, relés de segurança, disjuntores, chaves seccionadoras, etc (MAMEDE FILHO, 2010).

É sabido que a energia elétrica pode ser transformada em outras formas de energia como mecânica, térmica e luminosa e esta característica é a responsável pela ampla utilização da energia elétrica em nossas residências, indústrias, comércios, etc. (CARVALHO, 2012)

É certo que a energia elétrica fornece inúmeros benefícios à nossa sociedade, mas não podemos a utilizar de maneira irresponsável, pois esta oferece diversos riscos à vida. O fato da energia elétrica, de forma geral, não poder ser vista, ouvida, não possuir odor e não irradiar calor é responsável por diversos acidentes devido ao contato acidental de pessoas com a rede elétrica, afinal é praticamente impossível perceber o risco sem os equipamentos de detecção de tensão, treinamento e orientação a respeito dos riscos. (LOURENÇO; SILVA; SILVA FILHO, 2007)

Para combater a quantidade de acidentes devido ao mal uso da eletricidade, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) criou a Norma Regulamentadora N° 10 (NR-10) que trata exclusivamente dos métodos, equipamentos e treinamentos necessários para se mitigar ao máximo este tipo de acidente que geralmente é fatal ou causa graves danos. (BRASIL, 2010)

Este documento tem por objetivo geral realizar um estudo das condições de segurança das Subestações de uma indústria localizada em Maracanaú-CE segundo as exigências da NR-10.

## 2. O SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL

### 2.1. A energia elétrica e a sociedade brasileira.

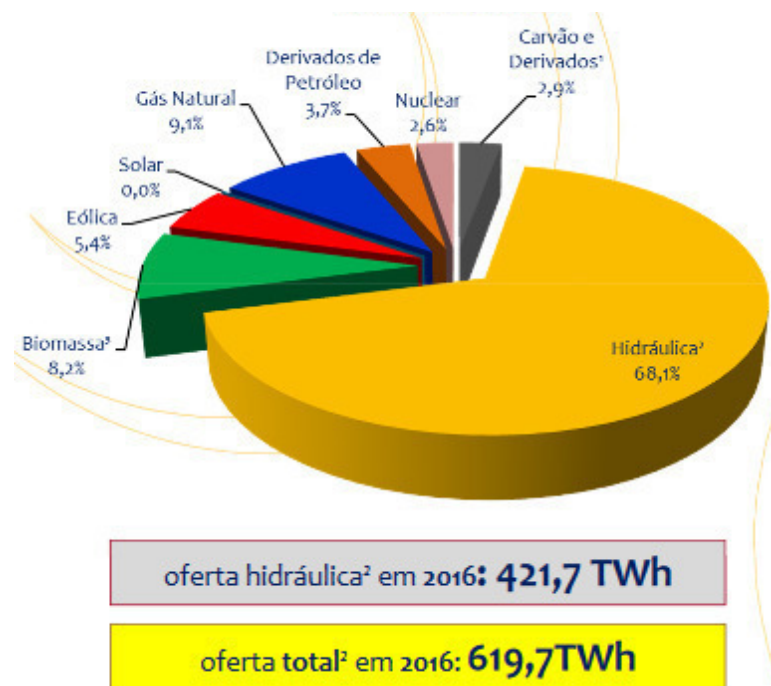
A energia elétrica é uma das mais nobres formas de energia. A possibilidade de geração e de transporte para utilização em ponto distinto ao de geração, e as transformações possíveis em outras formas de energia, conferem à eletricidade uma característica de universalização, disseminando o seu uso pela humanidade. No mundo de hoje, eletricidade é um direito humano fundamental, tendo como propósito assegurar a promoção de condições dignas de vida humana e de seu desenvolvimento. Ela é a dominante forma de energia moderna usada para comunicação, tecnologia da informação, saúde, lazer, produção de bens e serviços e transporte (CARVALHO, 2012).

A energia elétrica que alimenta indústrias, comércio e nossos lares é gerada principalmente em usinas hidrelétricas, onde a passagem da água por turbinas geradoras transformam a energia mecânica, originada pela queda d'água, em energia elétrica.

No Brasil, a geração de energia elétrica é 68,1% produzida a partir de hidrelétricas e 26,5% produzida por termoelétricas, independente do combustível utilizado, e o restante é oriundo da geração de energia através da tração de hélices pela ação dos ventos (energia eólica) e da geração de energia solar fotovoltaica, segundo o Balanço Energético Nacional de 2017 (BEN 2017).

Na Figura 1 é mostrada a participação na geração de energia elétrica nacional das mais diversas fontes de energia, sejam elas renováveis ou não. Pode-se notar que as fontes de energia renováveis solar fotovoltaica e eólica ainda possuem participação tímida na geração de energia elétrica em nosso país.

Figura 1: Matriz elétrica brasileira em 2016.



Fonte: Balanço Energético Nacional 2017.

Apesar da energia eólica e solar fotovoltaica ainda possuírem baixa participação na geração total de energia elétrica de nossa nação, é fato que o aumento de geração através destas fontes está crescendo vertiginosamente. Tal crescimento, que se dá principalmente na geração de energia através dos ventos, é resultado de grandes investimentos com o intuito de ampliar a capacidade instalada no Brasil, visto o grande potencial que o regime de ventos do nordeste brasileiro possui para a geração de energia elétrica (CARVALHO, 2012; EPE, 2018).

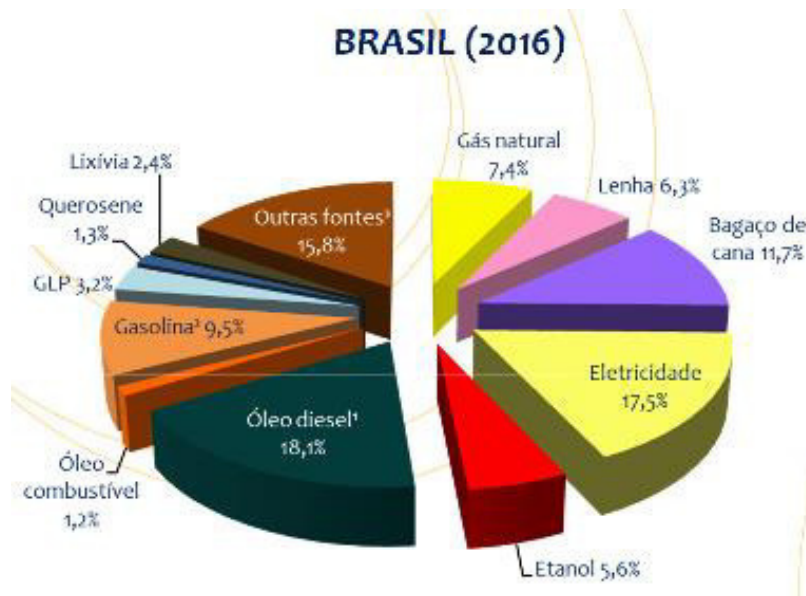
Também é evidenciado no Balanço Energético Nacional a relevância da energia elétrica em nossa sociedade em relação à outras formas de energia. 17,5% de toda de energia utilizada em nosso país é elétrica, perdendo o posto de primeiro lugar apenas para o diesel, 18,1%, em



decorrência do fato de nosso país possuir um sistema logístico altamente dependente do setor rodoviário (EPE, 2018).

A Figura 2 expõe os dados divulgado pela Empresa de Pesquisa Energética no ano de 2017 relacionados ao abordado no parágrafo anterior deste texto.

*Figura 2: Consumo final de energia por fonte no Brasil.*



Fonte: Balanço Energético Nacional 2017.

Demais dados relacionados ao consumo de energia elétrica no Brasil podem ser consultados no Anexo I deste texto.

### 3. MOTIVAÇÃO E DADOS ESTATÍSTICOS

#### 3.1. Origem dos dados estatísticos utilizados.

Como já discutido anteriormente, a eletricidade é de difícil detecção por pessoas sem os equipamentos adequados e esta sua característica a torna muito perigosa pois resulta em diversos acidentes por contato acidental com a rede elétrica ou com partes metálicas indevidamente energizadas (LOURENÇO; SILVA; SILVA FILHO, 2007)

Os dados estatísticos que aqui serão apresentados como motivação para este texto foram levantados pela Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (ABRACOPEL).

Os dados utilizados pela ABRACOPEL são levantados pela própria associação através do desenvolvimento de softwares que buscam, através de palavras-chave, em sites de notícias e redes sociais qualquer assunto relacionado a um acidente de origem elétrica. Todos os dados captados através deste software são rigorosamente revisados e sua autenticidade atestada pela equipe ABRACOPEL.

Mesmo com o aprimoramento constante da ferramenta de busca da associação acredita-se que uma grande quantidade de acidentes com eletricidade não seja captada por ela, pois os acidentes não graves tendem a não ser documentados e até mesmo acidentes fatais muitas vezes possuem a causa *mortis* definida como uma condição secundária decorrente da condição primária que é o choque elétrico.

Como está descrito no Anuário Estatístico Abracopel de Acidentes de Origem Elétrica 2013 – 2016:

Isso porque muitos acidentes não são relatados ou são auferidos a outras causas que não a eletricidade. Exemplo: ao manusear a rede elétrica em um poste, a pessoa recebe a descarga elétrica e cai, vindo a falecer. Provavelmente, na certidão de óbito a causa será traumatismo craniano devido à queda e não a eletrocussão que gerou a queda. Ou ainda, tomando banho, a pessoa recebe uma descarga elétrica do chuveiro e tem uma parada cardíaca. Esta será a ‘causa mortis’ na certidão, porém a parada foi causada pelo choque elétrico. (ABRACOPEL, 2017, p. 47)

Este perfil de comportamento observado para com os acidentes com eletricidade faz com que a ABRACOPEL considere seus dados inferiores à realidade. O Anuário Estatístico Abracopel de Acidentes de Origem Elétrica de 2017 diz que “A Abracopel estima que o número real esteja em torno de 3 a 5 vezes o total levantando”. (ABRACOPEL, 2017, p. 47).

### 3.2. Dados gerais de acidentes de origem elétrica no Brasil.

A ABRACOPEL, em seu anuário, traz diversos dados estatísticos provenientes de seu trabalho. Os dados são bastante detalhados e tratam do país de maneira geral, bem como de cada uma de suas regiões e do perfil das vítimas de acidentes com eletricidade.

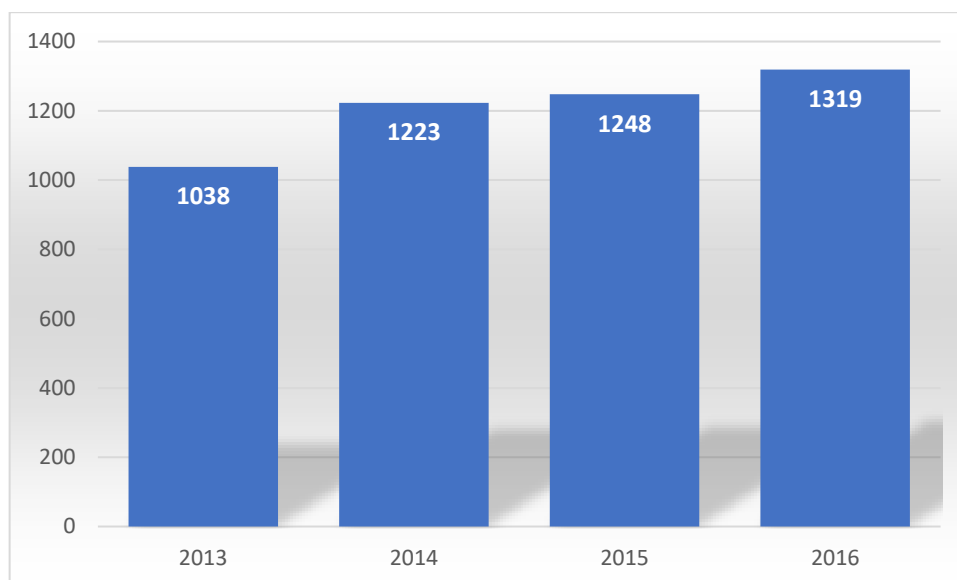
Neste primeiro momento serão tratados alguns dados relacionados aos acidentes com eletricidade em nosso país de maneira geral.

Os acidentes de origem elétrica podem ser fatais por contato direto com a eletricidade (geralmente ocasionando queimaduras intensas e parada cardiorrespiratória) ou em decorrência de incêndios. Tais acidentes são resultantes de contatos acidentais com a rede elétrica, curto-circuito, sobrecarga em instalações elétricas ou em decorrência de uma descarga atmosférica (INBRAEP, 2018).

Os dados resultantes das pesquisas da ABRACOPEL mostram que o número de acidentes fatais com eletricidade está crescendo com o decorrer dos anos em nosso País.

A Figura 3 mostra a quantidade de acidentes fatais com eletricidade nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016.

*Figura 3: Mortes por acidente de origem elétrica no Brasil no período de 2013 a 2016.*



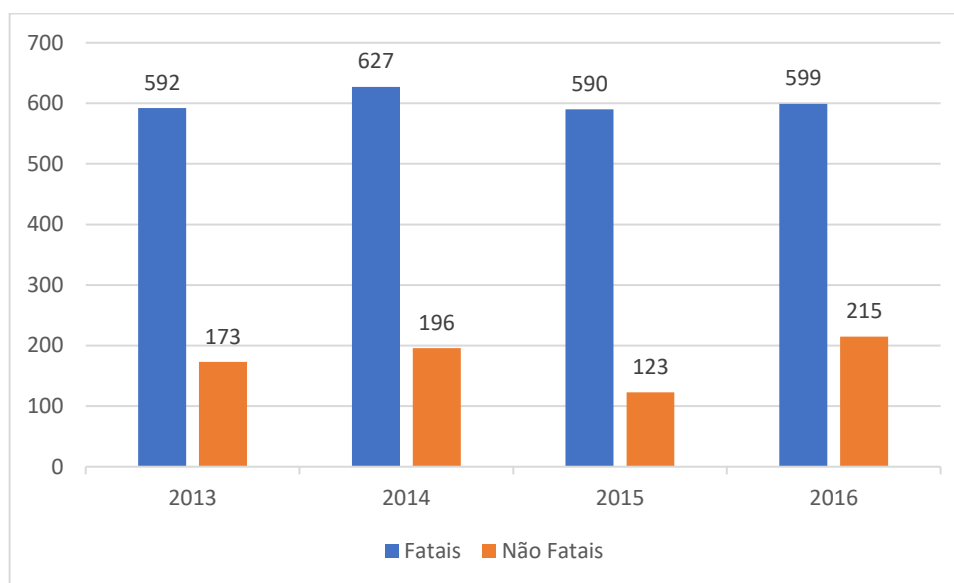
Fonte: Adaptado de Anuário Estatístico Abracopel de Acidentes de Origem Elétrica 2013 – 2016.

Este gráfico revela um aumento de 27% do número de acidentes fatais de origem elétrica entre os anos de 2013 e 2016. Este é um crescimento preocupante, principalmente quando o período analisado é de apenas quatro anos.

Outro dado muito interessante contido neste anuário é que o número de acidentes fatais registrados é muito superior ao número de acidentes não fatais. Esta característica pode ser tratada como evidência de que a maior parte dos acidentes por choque elétrico não fatais não são registrados, ou seja, acredita-se que seu número real seja superior ao registrado (ABRACOPEL, 2017).

A Figura 4, também retirada do anuário estatístico da ABRACOPEL, trata da quantidade de acidentes fatais e não fatais registrados no Brasil no decorrer dos anos de 2013 a 2016.

*Figura 4: Total de choques elétricos fatais e não fatais 2013 - 2016.*



Fonte: Adaptado de Anuário Estatístico Abracopel de Acidentes de Origem Elétrica 2013 – 2016.

### **3.3. Dados de acidentes de origem elétrica no nordeste brasileiro.**

Segundo os dados levantados no anuário estatístico utilizado como a principal fonte de dados estatísticos para este documento, a região nordeste possui o maior número de acidentes com eletricidade registrados no país. Esta situação certamente não pode ser explicada por um único fator mais como resultante da combinação de diversos fatores.

O primeiro fator a ser considerado é o alto número de habitantes da região nordeste que, segundo o IBGE, é a segunda região mais habitada no Brasil (IBGE, 2010).

A Tabela 1 mostra a população nacional e por região nos anos de 2000 e 2010 segundo o censo realizado pelo IBGE.

*Tabela 1: População no Brasil e regiões.*

	2000	2010
<b>BRASIL</b>	169.799.170	190.755.799
<b>REGIÃO NORTE</b>	12.900.704	15.864.454
<b>REGIÃO NORDESTE</b>	47.741.711	53.081.950
<b>REGIÃO SUDESTE</b>	72.412.411	80.364.410
<b>REGIÃO SUL</b>	25.107.616	27.386.891
<b>REGIÃO CENTRO-OESTE</b>	11.636.728	14.058.094

Fonte: Censo Demográfico 2010.

O Censo Demográfico 2010 do IBGE mostra que a região nordeste segue como a segunda região mais habitada do Brasil. O primeiro lugar pertence à região sudeste.

O fator do tamanho populacional da região certamente contribui bastante para o fato da região nordeste ser a com o maior número de acidentes com eletricidade, porém se a quantidade de acidentes fosse simplesmente dada pela quantidade populacional de uma região o nordeste deveria ocupar apenas a segunda colocação como a região com o maior número de acidentes.

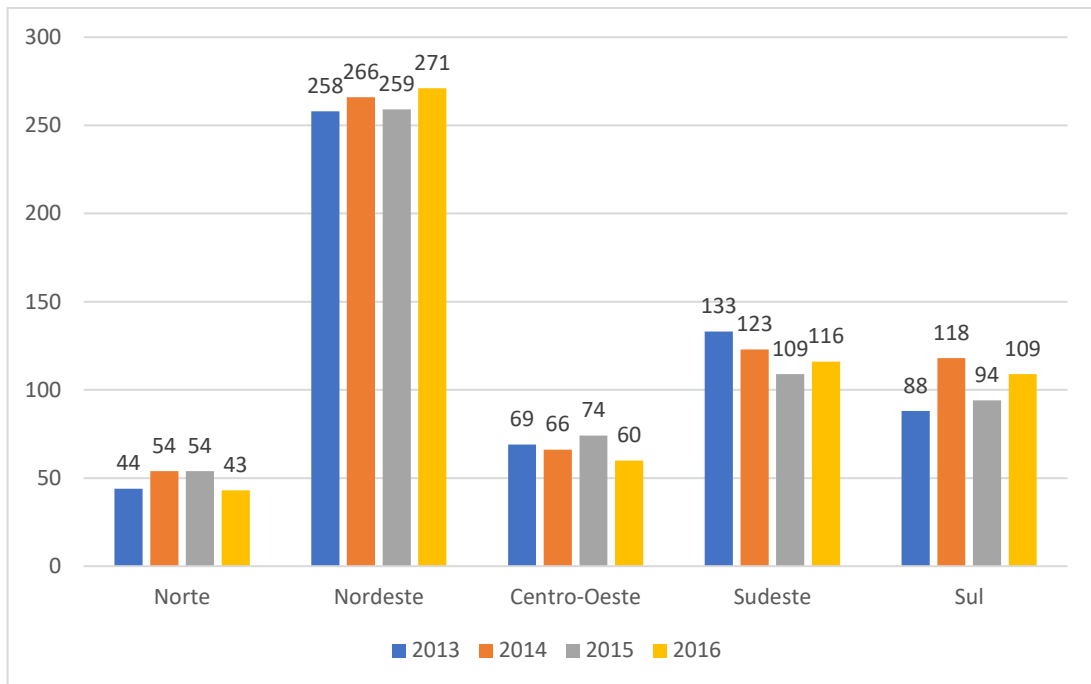
Como segundo fator a contribuir para a região nordeste ocupar o primeiro lugar no ranking das regiões com o maior número de acidentes com eletricidade podemos citar as condições das instalações elétricas. Instalações elétricas não projetadas adequadamente, a execução não realizada por profissional capacitado e instalações antigas são apontados como fatores que impulsionam a quantidade de acidentes de origem elétrica.

Tais fatores, combinados com a ausência de informações para a população a respeito da importância de se tratar a eletricidade com seriedade e cuidado, segundo a ABRACOPEL, podem ser apontados como possíveis catalizadores dos acidentes de origem elétrica.

No início da Abracopel, quando ainda não existia a coleta de dados para as estatísticas de acidentes de origem elétrica, a entidade recebia muitos e-mails de amigos, parceiros e profissionais do setor mostrando acidentes que aconteciam em todo o país, muitas vezes fatais, cuja origem sempre esbarrava nas instalações elétricas precárias, bem como na ausência de conscientização e informação sobre os riscos que a eletricidade apresenta quando não é respeitada. (ABRACOPEL, 2017, p. 46)

O resultado da combinação destes fatores pode ser visto através da Figura 5 que exhibe os resultados das pesquisas realizadas pela Abracopel nos anos de 2013 a 2016.

Figura 5: Comparativo de mortes por choque elétrico no Brasil 2013 - 2016.



Fonte: Adaptado de Anuário Estatístico Abracopel de Acidentes de Origem Elétrica 2013 – 2016.

## 4. ANÁLISE DE RISCOS

### 4.1. Conceitos Básicos.

Quanto às normas de segurança do trabalho, os acidentes de trabalhos são definidos como a materialização dos riscos inerentes associados às atividades laborais, aos procedimentos e processos produtivos, aos projetos e instalações civis, mecânicas e elétricas e às máquinas e equipamentos existentes.

Portanto, para se minimizar e, idealmente, extinguir os acidentes laborais é necessário conhecer profundamente as atividades realizadas, procedimentos, processos, projetos, instalações, máquinas e os equipamentos pois somente assim é possível identificar e classificar corretamente os riscos inerentes a que as pessoas e equipamentos estão expostas.

A análise de riscos deve ser feita por profissional ou equipe capacitada e experiente que conheça e domine o objeto a ser analisado, seja este um processo, instalação, máquina, etc. Tal profissional ou equipe deve aplicar seus conhecimentos através de métodos e técnicas para avaliar e classificar corretamente de maneira qualitativa e quantitativa os riscos inerentes que tal objeto de estudo apresente às pessoas, ao meio ambiente, aos demais equipamentos e às instalações como um todo (INBRAEP, 2018).

Tal análise deve buscar responder as seguintes perguntas:

- O que pode acontecer de errado?
- Quais são as causas básicas dos riscos e possíveis acidentes?
- Quais são as consequências?

Para que os resultados sejam satisfatórios e a análise possa ser considerada abrangente e bem-sucedida, é necessário que o profissional ou equipe possua, além de conhecimento e experiência, uma visão crítica e grande capacidade analítica para prever com sucesso os cenários de acidentes possíveis.

Uma análise de riscos adequada deve resultar nas seguintes informações:

- Identificação de o máximo de cenários de acidentes;
- As probabilidades e frequências com que estes acidentes podem ocorrer;
- A magnitude das consequências destes acidentes.

Uma análise de sucesso deve propor medidas de prevenção dos acidentes visando a eliminação do máximo possível de riscos e propor medidas de controle dos riscos que não

podem ser completamente extintos de modo que as probabilidades e as magnitudes de possíveis acidentes sejam as menores possíveis (INBRAEP, 2018)

Os principais conceitos básicos que devem ser conhecidos pela equipe ou profissional que elaborará uma análise de riscos segundo a NR-10 e o MTE são: Perigo, Risco, Análise de Riscos, Avaliação de Riscos, Gerenciamento de Riscos e Níveis de Risco.

Segundo o *Manual de Auxílio na Interpretação e Aplicação da NR-10; BRASIL, 2010* e os módulos de capacitação em NR-10 da INBRAEP, pode-se tratar destes conceitos como:

- **Perigo:** Pode ser entendido como a situação de ameaça de morte, lesões em pessoas e danos em materiais, máquinas, equipamentos, instalações, meio ambiente, etc.
- **Risco:** É um dado qualitativo ou quantitativo que combina a frequência de ocorrência de um acidente e a magnitude do mesmo afim de ser um indicativo para medir o grau de ameaça real, seja ela ameaça à vida humana ou a perdas econômicas por danos aos materiais, máquinas, equipamentos, instalações, meio ambiente, etc.
- **Análise de Riscos:** É uma combinação de métodos e técnicas das mais diversas áreas da engenharia afim de levantar todos os cenários acidentais possíveis e estimar suas probabilidades de ocorrência e suas amplitudes de danos, caso ocorram. O resultado de uma análise de riscos deve ser a estimativa dos riscos possíveis, bem como suas probabilidades e amplitudes de danos de maneira quantitativa ou qualitativa. É importante que a análise de riscos seja a mais rigorosa possível pois todas as medidas de segurança que serão elaboradas terão como base o resultado desta análise.
- **Avaliação de Riscos:** Consiste em comparar os riscos resultante da análise de riscos com os critérios de tolerância aos riscos previamente estabelecidos. Tal avaliação dirá se cada um dos riscos existentes será aceitável, deve ser mitigado ou se deve ser completamente extinto. Os critérios de tolerância são variáveis e dizem respeito à realidade de cada planta industrial.
- **Gerenciamento de Riscos:** Diz respeito à formulação e a execução de diversas medidas e procedimentos de engenharia, de técnica e de âmbito administrativo com o objetivo de prever, controlar e reduzir os riscos existentes na planta industrial. O gerenciamento de riscos é algo que se deve fazer constantemente afim de manter os riscos dentro dos limites de tolerância de segurança.



- **Níveis de Riscos:** São definidos após a análise de riscos e da implementação de medidas de contenção dos riscos. Aqui nos limitaremos a evidenciar quais são os níveis de riscos existentes e não entraremos em detalhes a respeito de cada um deles.

Os níveis de riscos existentes são:

- Catastrófico;
- Crítico;
- Moderado;
- Não crítico;
- Desprezível.

#### **4.2. Análise Preliminar de Riscos**

A análise preliminar de riscos trata-se de uma técnica em que, a partir da análise de riscos, deve-se definir previamente medidas de controle de riscos para cada um dos riscos inerentes a cada etapa do trabalho a ser realizado.

A análise preliminar de riscos deve ser feita com a visão da execução do serviço, afim de prever o máximo de situações de riscos existentes durante a execução das tarefas necessárias, além de propiciar medidas de extinção ou controle de riscos para a execução segura das tarefas laborais. A APR deve ser estudada por toda a equipe que irá realizar as atividades, pois é fundamental que todos estejam cientes de cada um dos riscos a que estão expostos e que conheçam as medidas que devem ser adotadas para eliminação ou controle dos riscos a que estarão expostos e possam realizar seus afazeres laborais em segurança (LOURENÇO; LOBÃO).

Uma análise preliminar de riscos deve ser realizada em documento com a identificação clara da empresa responsável, do processo envolvido, da atividade geral a ser realizada, da área responsável, a data de elaboração e de todos os equipamentos envolvidos.

Além destas informações básicas de identificação, uma APR deve ser dividida nas várias etapas da tarefa a ser realizada, os riscos inerentes a cada uma destas etapas e as medidas de controle a serem adotadas (INBRAEP, 2018).

Por fim, uma APR deve conter a listagem de todos os trabalhadores envolvidos em sua criação. Deve-se conter o nome dos elaboradores, cargos e seus registros profissionais e matrícula na empresa.

A Figura 6 mostra um modelo de APR genérica que contém todos os campos básicos a serem preenchidos antes da execução de um serviço.

Figura 6: Exemplo genérico de APR.

<b>LOGO</b>	<b>ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO APR</b>	
<b>Processo:</b>		<b>Área:</b>
<b>Atividade:</b>		<b>Data:</b>
<b>Equipamento (s):</b>		
<b>Etapas da Tarefa</b>	<b>Riscos</b>	<b>Medidas de Controle</b>
<b>TRABALHADORES ENVOLVIDOS</b>		
<b>Nome</b>	<b>Cargo</b>	<b>Registro/ Matrícula</b>

Fonte: Capacitação em NR-10. Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Módulo Básico.

Obviamente cada APR pode possuir algumas variações com o intuito de atender às peculiaridades de cada realidade empresarial ou de algum serviço.

Uma APR generalista foi elaborada para a entrada, permanência e execução de serviços básicos em uma SE abrigada 13.8 kV/ 380 V e está disponível no Apêndice A deste trabalho. Tal APR é aplicável às subestações que serão analisadas adiante.

### 4.3. Mapa de Riscos

Um mapa de riscos é a representação gráfica dos riscos existentes nos locais de trabalho. Tal representação faz uso de círculos de diferentes tamanhos e cores com o objetivo de informar o tipo de risco envolvido, segundo a cor, e o grau do risco envolvido, segundo o tamanho do círculo. Um mapa de riscos deve informar aos trabalhadores, através da fácil visualização através da representação gráfica, os riscos existentes, seu tipo e grau de periculosidade. Apesar de ser um instrumento simples, um mapa de riscos possui grande potencial de prevenir e diminuir a ocorrência de acidentes de trabalho (GOIÁS, 2018)

Um mapa de riscos, deve ser elaborado pela CIPA da instituição, devendo escutar diversos colaboradores de todas as áreas da empresa e sempre agindo sob a orientação e supervisão do Serviço Especializado em Engenharia e Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) (BRASIL, 2011).

#### 4.3.1. Etapas da Elaboração de um Mapa de Riscos

- Conhecer o processo de trabalho no local analisado.
  - Colaboradores: Quantidade, sexo, idade, treinamentos profissionais e de segurança, jornada de trabalho, etc;
  - Instrumentos, equipamentos e materiais de trabalho;
  - Atividades executadas;
  - O ambiente.
- Identificar os riscos existentes no local analisado;
- Identificar as medidas preventivas existentes e sua eficácia:
  - Medidas de proteção coletiva;
  - Medidas de organização do trabalho;
  - Medidas de proteção individual;
  - Medidas de higiene e conforto: banheiros, lavatórios, vestiários, armários, bebedouro, refeitório, área de lazer, etc.
- Identificar os indicadores de saúde:
  - Queixas mais frequentes e comuns entre os servidores expostos aos mesmos riscos;
  - Acidentes de trabalho ocorridos;
  - Doenças profissionais diagnosticadas;
  - Causas mais frequentes de ausência ao trabalho.

- Conhecer os levantamentos ambientais já realizados no local;
- Elaborar o Mapa de Riscos, sobre o layout do órgão, indicando através de círculos:
  - O grupo a que pertence o risco, de acordo com a cor padronizada;
  - O número de trabalhadores expostos ao risco;
  - A especificação do agente (Ex: Químico – Sílica, ácido clorídrico; Ergonômico – Repetitividade, ritmo excessivo);
  - A intensidade do risco, de acordo com a percepção dos trabalhadores, que deve ser representada por tamanhos proporcionalmente diferentes dos círculos.

#### **4.3.2. Classificação dos Riscos**

Os riscos à saúde dos colaboradores e que costumam estar presentes em locais de trabalho, por padrão, são classificados em cinco tipos em um mapa de riscos.

São eles:

- Riscos causados por agentes físicos;
- Riscos causados por agentes químicos;
- Riscos causados por agentes biológicos;
- Riscos causados por agentes ergonômicos;
- Riscos causados por agentes mecânicos.

Cada um desses grupos de agentes é responsável por diversos riscos à saúde dos colaboradores, portanto é imprescindível a análise detalhada buscando riscos no ambiente laboral que se encaixem em cada um desses grandes grupos, afim de elaborar um mapa de riscos da forma mais abrangente possível (BITTENCOURT, 2017).

- **Agentes Físicos**

São considerados agentes físicos a energia, independente em que forma esta se apresente, cuja qual os trabalhadores venham a estar expostos. As formas mais comuns de energia em que os trabalhadores estão expostos em um ambiente

laboral são: Ruídos, vibração, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não-ionizantes, infrassons e ultrassons.

- **Agentes Químicos**

Agentes químicos são as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo através das vias respiratórias, da pele ou de ingestão. Tais agentes costumam se apresentar na forma de poeira, fumos metálicos, névoas, neblinas, gases ou vapores.

- **Agentes Ergonômicos**

Os agentes ergonômicos são caracterizados pela falta de adaptação do local de trabalho às necessidades físicas, fisiológicas e psicológicas dos trabalhadores. Os agentes ergonômicos mais comuns são: Trabalho físico pesado, postura incorreta, posições incômodas, repetitividade, monotonia, ritmo excessivo, trabalho em turnos e trabalho noturno e jornada prolongada.

- **Agentes Mecânicos**

São arranjos físicos inadequados ou deficientes que podem abranger um ou mais dos seguintes aspectos: arranjo físico, edificações, sinalizações, instalações elétricas, máquinas e equipamentos sem proteção, equipamentos de proteção contra incêndio, ferramentas defeituosas ou inadequadas, EPI inadequado, armazenamento e transporte de materiais e iluminação deficientes.

Após estudo em campo, elaborou-se um mapa de riscos para a subestação 69kV referida no estudo de caso deste texto. O mapa de risco elaborado está disponível no Apêndice B.

## 5. EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO

Os equipamentos de proteção são dispositivos utilizados com o objetivo de manter sobre controle os riscos sempre que não for possível eliminá-los por completo. Segundo o MTE, é obrigação do empregador fornecer tais equipamentos aos colaboradores e a forma de uso destes está descrita nas Normas Reguladoras 06 e 09. Outras normas, como a NR-10, tratam de Equipamentos de Proteção Individual e Equipamentos de Proteção Coletiva de maneira mais específica.

Nesta seção, trataremos de maneira geral o que diz a NR-10 a respeito dos equipamentos de proteção em serviços com eletricidade.

### 5.1. Equipamentos de Proteção Coletiva

É considerado equipamento de proteção coletiva qualquer dispositivo, sistema, meio fixo ou móvel que possua abrangência coletiva e seja destinado a preservar a saúde e integridade física de trabalhadores e terceiros na região onde estes equipamentos são instalados.

Portanto, os equipamentos de proteção coletiva possuem função de proteção não apenas para os trabalhadores envolvidos mais para qualquer terceiro que esteja trafegando na região (BITTENCOURT, 2017).

Por sua aplicação independer do uso individual do trabalhador, como em um EPI, e por sua abrangência também proteger terceiros, os EPC's devem ser escolha prioritária para proteção do local de trabalho (BRASIL, 2018).

Sintetizando os objetivos do uso de equipamentos de proteção coletiva:

- Evitar acidentes que envolvam tanto os trabalhadores, como também outras pessoas que venham a estar presentes naquele local de trabalho;
- Minimizar perdas e aumentar a produtividade da empresa através de uma melhora nas condições de trabalho;
- Neutralizar ou, ao menos, reduzir os riscos que anteriormente eram comuns em um determinado local de trabalho.

São exemplos de equipamentos de EPC:

- Sinalização de segurança;
- Isolantes elétricos;
- Sistemas contra incêndio;
- Redes de proteção;
- Linha de vida para trabalhos em altura;
- Cavaletes;

Existe uma grande variedade de EPC's disponíveis para garantir a segurança dos colaboradores no local de trabalho. Alguns exemplos de EPC's podem ser vistos na Figura 7.

*Figura 7: Exemplos de equipamentos de proteção coletiva.*



Fonte: Capacitação em NR-10. Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Módulo Básico.

## 5.2. Equipamentos de Proteção Individual

Os equipamentos de proteção individual são dispositivos de uso pessoal destinados a proteger o colaborador dos riscos inerentes ao ambiente e atividades que o mesmo está exposto. Os equipamentos de proteção individual devem ser utilizados sempre que não for possível remover totalmente os riscos e os EPC's não são suficientes para a completa proteção dos colaboradores (BITTENCOURT, 2017).

A NR-6 define as responsabilidades do empregado e do empregador a respeito do fornecimento, uso e conservação dos EPI's, conforme tratado a seguir.

É responsabilidade do empregador:

- Adquirir o EPI adequado ao risco de cada atividade;
- Exigir o seu uso;
- Fornecer ao empregado somente EPI's aprovados pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho;
- Orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado, a guarda e a conservação;
- Substituir imediatamente, quando danificado ou extraviado;
- Responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica;
- Comunicar ao Ministério do Trabalho e Emprego qualquer irregularidade observada;
- Registrar o seu fornecimento ao trabalhador, podendo ser adotados livros, fichas ou sistema eletrônico.

É responsabilidade do empregado:

- Utilizar apenas para a finalidade a que se destina;
- Responsabilizar-se pela guarda e conservação;
- Comunicar ao empregador qualquer alteração que o torne impróprio para o uso;
- Cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado.

São exemplos de EPI's comumente utilizados em trabalhos e serviços com eletricidade: Óculos de segurança, capacetes de proteção, protetores auditivos, luva isolante, luva de cobertura, manga de proteção, calçado de proteção tipo isolante, calçado de proteção tipo condutor, perneira de segurança, cinturão de segurança tipo paraquedista, dispositivo trava quedas, vestimenta de proteção tipo condutiva, vestimenta de proteção antichama, colete reflexivo e máscaras respiratórias (INBRAEP, 2018).



## 6. ESTUDO DE CASO

Os conceitos de segurança do trabalho contidos na NR-10, explícitos sucintamente neste texto, foram estudados e utilizados na elaboração de um checklist para inspeção de subestações. Tal checklist foi aplicado em quatro subestações de energia elétrica presente em uma planta industrial localizada em Maracanaú-CE com o intuito de identificar possíveis irregularidades e sugerir adequações.

O checklist elaborado encontra-se disponível no Apêndice C deste texto.

### 6.1. A Planta Industrial

A indústria possuidora das subestações estudadas localiza-se na cidade de Maracanaú-CE e é responsável pela produção de produtos alimentícios. Tal planta industrial existe já a algumas décadas, portanto passou por diversas modificações e expansões com o decorrer dos anos.

Atualmente esta planta industrial possui quatro subestações sendo uma subestação de 69kV/13.8kV e outras três subestações de 13.8kV/380V. A subestação de 69kV/13.8 kV possui um único transformador refrigerado à óleo 5 MVA de potência sem utilizar refrigeração forçada.

Todas as subestações foram submetidas ao checklist criado e os resultados serão discutidos a seguir.

### 6.2. Subestação 69kV/13.8kV

A subestação 69kV desta planta industrial apresentou ótimos resultados ao aplicar-se o checklist. Esta é uma subestação abrigada em sua parte de 13.8 kV e não abrigada em seu lado de 69 kV que utiliza transformador de potência e auxiliar à óleo e estes estão localizados no pátio da subestação.

#### **As principais não conformidades encontradas foram:**

- Ausência de placas de perigo nas entradas da SE.
- Aterramento de portas e grades não conforme.
- A SE não possui aberturas para ventilação ou sistema de climatização.

A Tabela 2 explicita os resultados obtidos.

Tabela 2: Resultados do checklist – SE 69kV.

<b>Temperatura</b>	<b>R(°C)</b>	<b>S(°C)</b>	<b>T(°C)</b>
<b>Transformador 01</b>	47	50	50
<b>Transformador 02</b>	-	-	-
<b>Transformador 03</b>	-	-	-
<b>Temperatura Ambiente:</b>	34	<b>Fator de Potência:</b>	0,96
<b>Temperatura do Banco de Capacitores:</b>	-	<b>Tensões de Linha de Entrada:</b>	
		70,18 kV; 69,68 kV; 70,01 kV	
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>N/A</b>
Existem placas com aviso de perigo de morte nas portas da Subestação?		X	
As aberturas de ventilação possuem grades de proteção?			X
Portas e grades externas são devidamente aterradas?		X	
As portas e grades externas estão em estado de conservação adequado?	X		
O sistema de iluminação da subestação é adequado e funciona corretamente?	X		
Existe sistema de iluminação de emergência?	X		

DESCRIÇÃO	SIM	NÃO	N/A
O sistema de iluminação de emergência funciona adequadamente?	X		
A subestação possui sistema de ventilação/climatização adequado?		X	
Existem indícios de infiltração/alagamento na subestação?		X	
As áreas energizadas da subestação são devidamente protegidas contra contato acidental?	X		
Todos os quadros elétricos da subestação estão devidamente aterrados?	X		
Todas as grades de proteção no interior da subestação estão devidamente aterradas?			X
Todos os quadros elétricos estão devidamente identificados, inclusive com o nível de tensão?	X		
Todos os circuitos terminais dos quadros elétricos estão devidamente identificados?	X		
A subestação dispõe de tapetes isolantes nas áreas de manobra?	X		
A subestação dispõe de extintor de incêndio?	X		
O extintor de incêndio é adequado, está carregado e dentro do prazo de validade?	X		
A estrutura do prédio da subestação apresenta estado de conservação adequado?	X		
A subestação apresenta estado de limpeza adequado?	X		
O interior da subestação possui organização e sem a presença de objetos desnecessários?	X		
Foram detectados animais ou indícios da presença de animais no interior da subestação?		X	
A subestação dispõe de diagrama unifilar visível em seu interior?	X		
A subestação dispõe de instruções para manobras de energização e desenergização disponíveis?	X		

Fonte: O Próprio Autor

### **6.3. Subestação 13.8kV/380V N° 01.**

A subestação 13.8kV/380V N° 01 desta planta industrial apresentou bons resultados, apesar de uma quantidade maior de não conformidades encontradas.

#### **As principais não conformidades encontradas foram:**

- Ausência de placa de perigo de morte na entrada da subestação.
- Iluminação de emergência deficiente devido à existência de luminária não funcional.
- Grades de proteção ao redor dos transformadores não possuem aterramento.
- Existem carcaças metálicas de objetos deixadas no interior da subestação.
- Subestação não dispõe de diagrama unifilar visível e atualizado em seu interior.

A Tabela 3 explicita os resultados obtidos.

Tabela 3: Resultados do checklist – SE 13.8kV N° 01.

Temperatura	R(°C)	S(°C)	T(°C)
<b>Transformador 01</b>	59	63	59
<b>Transformador 02</b>	66	68	66
<b>Transformador 03</b>	66	73	70
<b>Temperatura Ambiente:</b>	-	<b>Fator de Potência:</b>	0,96
<b>Temperatura do Banco de Capacitores:</b>	37°, 43°, 33°	<b>Tensões de Linha de Entrada:</b>	
		13.7 kV, 13.8 kV, 13.7kV	
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>N/A</b>
Existem placas com aviso de perigo de morte nas portas da Subestação?		X	
As aberturas de ventilação possuem grades de proteção?			X
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>N/A</b>
Portas e grades externas são devidamente aterradas?	X		
As portas e grades externas estão em estado de conservação adequado?	X		
O sistema de iluminação da subestação é adequado e funciona corretamente?	X		
Existe sistema de iluminação de emergência?	X		
O sistema de iluminação de emergência funciona adequadamente?		X	

Existem indícios de infiltração/alagamento na subestação?		X	
As áreas energizadas da subestação são devidamente protegidas contra contato acidental?	X		
Todos os quadros elétricos da subestação estão devidamente aterrados?	X		
Todas as grades de proteção no interior da subestação estão devidamente aterradas?		X	
Todos os quadros elétricos estão devidamente identificados, inclusive com o nível de tensão?	X		
Todos os circuitos terminais dos quadros elétricos estão devidamente identificados?	X		
A subestação dispõe de tapetes isolantes nas áreas de manobra?	X		
A subestação dispõe de extintor de incêndio?	X		
O extintor de incêndio é adequado, está carregado e dentro do prazo de validade?	X		
A estrutura do prédio da subestação apresenta estado de conservação adequado?	X		
A subestação apresenta estado de limpeza adequado?	X		
O interior da subestação possui organização e sem a presença de objetos desnecessários?		X	
Foram detectados animais ou indícios da presença de animais no interior da subestação?		X	
A subestação dispõe de diagrama unifilar visível em seu interior?		X	
A subestação dispõe de instruções para manobras de energização e desenergização disponíveis?	X		

Fonte: O Próprio Autor

#### 6.4. Subestação 13.8kV/380V N° 02.

A subestação 13.8kV/380V N° 02 desta planta industrial apresentou uma quantidade maior de não conformidades e muitas destas necessitam de tratamento imediato.

**As principais não conformidades encontradas foram:**

- Transformador 01 está com o relé de proteção térmico não funcional.
- Transformador 02 não possui relé de proteção térmico.
- As portas e grades externas da subestação não possuem aterramento adequado.
- A subestação não possui aberturas adequadas para ventilação natural e não possui sistema de climatização.
- A grade de proteção de um dos transformadores não está devidamente fixada possibilitando o acesso e contato com o mesmo.
- As grades internas da subestação não possuem aterramento.
- Os quadros elétricos não possuem identificação adequada.
- A subestação possui carcaças de condutores *busway* no piso da subestação.
- A subestação não dispõe de diagrama unifilar visível e atualizado.

A Tabela 4 explicita os resultados obtidos.

Tabela 4: Resultados do checklist – SE 13.8kV N° 02.

<b>Temperatura</b>	<b>R(°C)</b>	<b>S(°C)</b>	<b>T(°C)</b>
<b>Transformador 01</b>	73	79	75
<b>Transformador 02</b>	Ausência de Proteção Térmica	Ausência de Proteção Térmica	Ausência de Proteção Térmica
<b>Transformador 03</b>	-	-	-
<b>Temperatura Ambiente:</b>	-	<b>Fator de Potência:</b>	0,97
<b>Temperatura do Banco de Capacitores:</b>	36°	<b>Tensões de Linha de Entrada:</b>	
		13.7 kV, 13.8 kV, 13.7kV	
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>N/A</b>
Existem placas com aviso de perigo de morte nas portas da Subestação?	X		
As aberturas de ventilação possuem grades de proteção?			X
Portas e grades externas são devidamente aterradas?		X	
As portas e grades externas estão em estado de conservação adequado?	X		
O sistema de iluminação da subestação é adequado e funciona corretamente?	X		
Existe sistema de iluminação de emergência?	X		
O sistema de iluminação de emergência funciona adequadamente?	X		
A subestação possui sistema de ventilação/climatização adequado?		X	
Existem indícios de infiltração/alagamento na subestação?		X	
Todos os quadros elétricos da subestação estão devidamente aterrados?	X		



Todas as grades de proteção no interior da subestação estão devidamente aterradas?		X	
Todos os quadros elétricos estão devidamente identificados, inclusive com o nível de tensão?		X	
Todos os circuitos terminais dos quadros elétricos estão devidamente identificados?	X		
A subestação dispõe de tapetes isolantes nas áreas de manobra?	X		
A subestação dispõe de extintor de incêndio?	X		
O extintor de incêndio é adequado, está carregado e dentro do prazo de validade?	X		
A estrutura do prédio da subestação apresenta estado de conservação adequado?	X		
A subestação apresenta estado de limpeza adequado?	X		
O interior da subestação possui organização e sem a presença de objetos desnecessários?		X	
Foram detectados animais ou indícios da presença de animais no interior da subestação?		X	
A subestação dispõe de diagrama unifilar visível em seu interior?		X	
A subestação dispõe de instruções para manobras de energização e desenergização disponíveis?	X		

Fonte: O Próprio Autor

### 6.5. Subestação 13.8kV/380V N° 03.

A subestação 13.8kV/380V N° 03 desta planta industrial apresentou bons resultados.

**As principais não conformidades encontradas foram:**

- O sistema de iluminação de emergência da subestação necessita de uma luminária adicional.
- A subestação não possui estrutura que possibilite uma ventilação adequada e o sistema de ventilação forçada gira no sentido inverso.
- As grades internas da subestação não estão devidamente aterradas.
- A subestação não dispõe de diagrama unifilar disponível.

A Tabela 5 explicita os resultados obtidos.

Tabela 5: Resultados do checklist – SE 13.8kV N° 03.

<b>Temperatura</b>	<b>R(°C)</b>	<b>S(°C)</b>	<b>T(°C)</b>	
<b>Transformador 01</b>	78	81	78	
<b>Transformador 02</b>	-	-	-	
<b>Transformador 03</b>	-	-	-	
<b>Temperatura Ambiente:</b>	-	<b>Fator de Potência:</b>	0,97	
<b>Temperatura do Banco de Capacitores:</b>	38°	<b>Tensões de Linha de Entrada:</b>		
		13.8 kV, 13.8 kV, 13.8kV		
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>N/A</b>	
Existem placas com aviso de perigo de morte nas portas da Subestação?	X			
As aberturas de ventilação possuem grades de proteção?	X			

Portas e grades externas são devidamente aterradas?	X		
As portas e grades externas estão em estado de conservação adequado?	X		
O sistema de iluminação da subestação é adequado e funciona corretamente?	X		
Existe sistema de iluminação de emergência?	X		
O sistema de iluminação de emergência funciona adequadamente?		X	
A subestação possui sistema de ventilação/climatização adequado?		X	
As áreas energizadas da subestação são devidamente protegidas contra contato acidental?	X		
Todos os quadros elétricos da subestação estão devidamente aterrados?	X		
Todas as grades de proteção no interior da subestação estão devidamente aterradas?		X	
Todos os quadros elétricos estão devidamente identificados, inclusive com o nível de tensão?	X		
Todos os circuitos terminais dos quadros elétricos estão devidamente identificados?	X		
A subestação dispõe de tapetes isolantes nas áreas de manobra?	X		
A subestação dispõe de extintor de incêndio?	X		
O extintor de incêndio é adequado, está carregado e dentro do prazo de validade?	X		
A estrutura do prédio da subestação apresenta estado de conservação adequado?	X		
A subestação apresenta estado de limpeza adequado?	X		
O interior da subestação possui organização e sem a presença de objetos desnecessários?	X		
Foram detectados animais ou indícios da presença de animais no interior da subestação?		X	
A subestação dispõe de diagrama unifilar visível em seu interior?		X	
A subestação dispõe de instruções para manobras de energização e desenergização disponíveis?	X		

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados colhidos através de visita em campo, com a utilização do modelo de checklist elaborado após o estudo das exigências contidas na NR-10 e demais normas já citadas neste texto, foram utilizados para se gerar uma proposta de intervenção com o intuito de adequar cada uma das subestações ao exigido por tais normas, em relação à segurança do trabalho em instalações e serviços com eletricidade.

A maior parte dos itens contidos na proposta de intervenção são de rápida execução e baixo custo e são referentes, em sua maioria, a pequenas práticas que devem ser seguidas, como por exemplo a existência de placas de alerta visíveis e a disponibilidade do diagrama unifilar de cada subestação de maneira visível em seu interior.

No entanto, também existem itens que demandam maiores intervenções ou compra de equipamentos, como é o caso dos relés de proteção térmica dos transformadores da SE02, das intervenções na iluminação de emergência da SE01 e SE03 e das modificações sugeridas quanto à climatização ou circulação de ar no interior das subestações.

As ações propostas seguem a seguir:

- SE 69 kV
  - Confeccionar e instalar placas de risco de morte em todas as entradas da SE;
  - Revisar os aterramentos das portas e grades externas da subestação;
  - Implementar sistema de climatização ou aberturas adequadas para refrigeração natural do ambiente interno da subestação.
  
- SE 01
  - Confeccionar e instalar placas de risco de morte em todas as entradas da SE;
  - Substituir luminária de emergência fora de funcionamento;
  - Revisar aterramento das portas e grades de proteção;
  - Remover do interior da SE quaisquer objetos que não dizem respeito aos equipamentos da mesma e seu funcionamento;
  - Elaborar e disponibilizar de maneira visível o diagrama unifilar da subestação.
  
- SE 02

- Com urgência substituir relé térmico danificado do transformador 01;
  - Instalar com urgência relé térmico no transformador 02;
  - Revisar aterramento das portas e grades de proteção;
  - Implementar sistema de climatização ou aberturas adequadas para ventilação natural do interior da SE;
  - Com urgência fixar adequadamente as grades de proteção dos transformadores;
  - Identificar corretamente os quadros elétricos da subestação bem como seus circuitos terminais;
  - Retirar do interior da subestação peças sobressalentes de equipamentos e que não dizem respeito ao funcionamento da subestação;
  - Elaborar e disponibilizar de maneira visível o diagrama unifilar da subestação.
- 
- SE03
    - Aprimorar o sistema de iluminação de emergência com a instalação de uma luminária adicional;
    - Implementar sistema de climatização ou sistema que possibilite a correta circulação de ar e correção do sentido de giro da ventilação forçada;
    - Revisar aterramento das portas e grades da subestação;
    - Elaborar e disponibilizar de maneira visível o diagrama unifilar da subestação.

## 8. REFERÊNCIAS

CARVALHO, Paulo Cesar marques de; NETO, Manuel Rangel Borges. **Geração de Energia Elétrica – Fundamentos**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2012.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2018**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>>. Acesso em: 05 nov 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSCIENTIZAÇÃO PARA OS PERIGOS DA ELETRICIDADE. **Anuário Estatístico Brasileiro dos Acidentes de Origem Elétrica**. Salto, 2017. Disponível em: <[www.abracopel.org.br](http://www.abracopel.org.br)>. Acesso em: 20 mar 2018.

BRASIL. **Portaria Nº 3.214**, de 08 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Brasil, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011.

LOURENÇO, Heliton; LOBAO, Edilio de C. **Análise da Segurança do Trabalho em Serviços com Eletricidade sob a Ótica da Nova NR-10**. Foz do Iguaçu – PR, Brasil.

INBRAEP. **Capacitação em NR-10. Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Módulo Básico**. Itajaí – Santa Catarina, 2018.

INBRAEP. **Capacitação em NR-10 SEP. Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Módulo Complementar**. Itajaí – Santa Catarina, 2018.

LOURENÇO, Sérgio Ricardo; SILVA, Thadeu Alfredo Silva; SILVA FILHO, Silvério Catureba da. **Um estudo sobre os efeitos da eletricidade no corpo humano sob a égide da saúde e segurança do trabalho**. *Exacta*, vol. 5, núm. 1, janeiro-junho, 2007, pp. 135-143 Universidade Nove de Julho São Paulo, Brasil

BITTENCOURT, Cezinando. **Análise Preliminar de Riscos em Obras Civas de Subestações de Energia Elétrica – Estudo de Caso**. Curitiba – PR, 2017.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Manual de Auxílio na Interpretação e Aplicação da NR-10. NR-10 Comentada**. São Paulo – SP, 2010.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 6 – NR 6. Equipamento de Proteção Individual – EPI**. Brasil, 2017.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes**. Brasil, 2011

GOIÁS, Gerência de Saúde e Prevenção. **Manual de Elaboração de Mapa de Riscos**. Goiania – GO, 2018.

BRASIL, **Portaria SIT/DSST Nº 194**, de 07 de dezembro de 2010. Altera a Norma Regulamentadora n.º 6 (Equipamentos de Proteção Individual - EPI). Brasil, 2010.

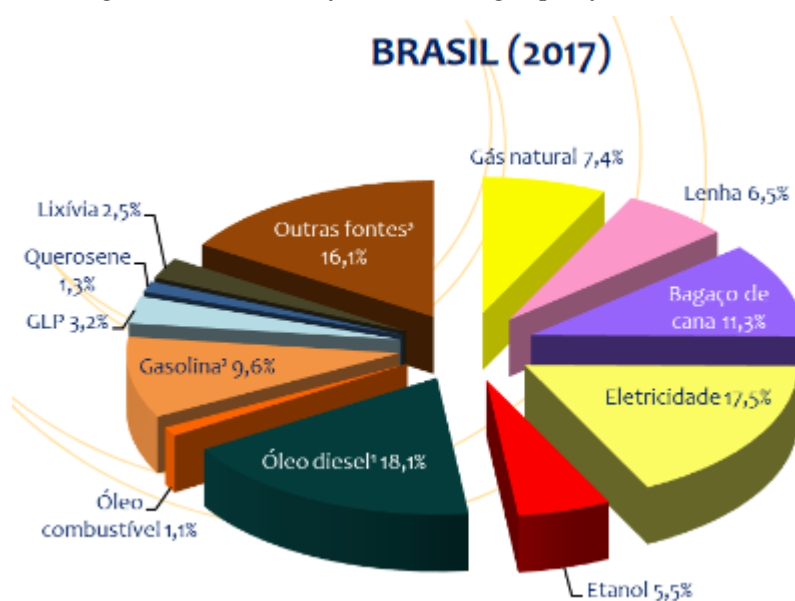
MAMEDE FILHO, Joao. **Instalações Elétricas Industriais**. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC LTDA, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2013.

## ANEXO I – UTILIZAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL

Este anexo contém dados relacionados ao consumo dos mais diversos tipos de energia no Brasil de forma geral, nas indústrias, no sistema de transporte e nas residências brasileiras. De forma geral, 17,5% de toda energia consumida em nosso país é elétrica.

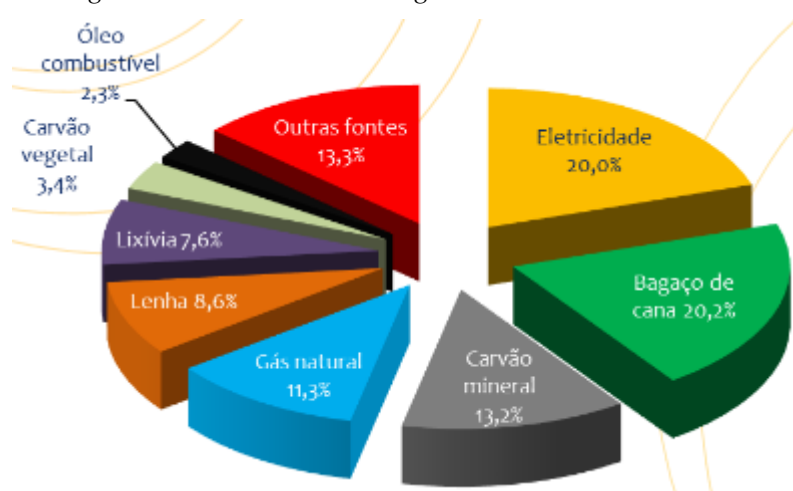
Figura 8: Consumo final de energia por fonte no Brasil.



Fonte: Balanço Energético Nacional 2018.

Na indústria nacional 20% de toda a energia consumida é elétrica.

Figura 9: Consumo de energia na indústria brasileira.



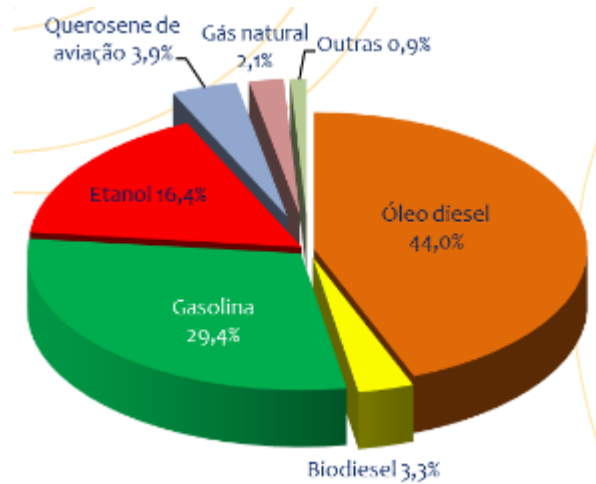
Fonte: Balanço Energético Nacional 2018.

No setor de transportes, a participação da eletricidade como energia para tração é praticamente nula quando comparada à abrangência da utilização dos combustíveis fósseis. É



sabido que a tendência mundial é que os veículos elétricos ganhem cada vez mais espaço, o que deverá mudar bastante o perfil exibido na figura a seguir.

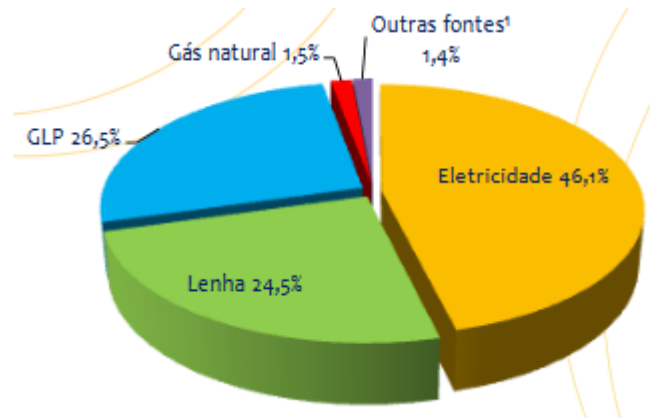
*Figura 10: Consumo de energia nos transportes.*



Fonte: Balanço Energético Nacional 2018.


Por fim, nas residências brasileiras, a energia elétrica possui a fatia de 46,1% de toda forma de energia consumida. Esta é uma evidência clara de que a falta de suprimento de energia elétrica é capaz de mudar drasticamente a rotina de um lar.

*Figura 11: Consumo residencial de energia.*



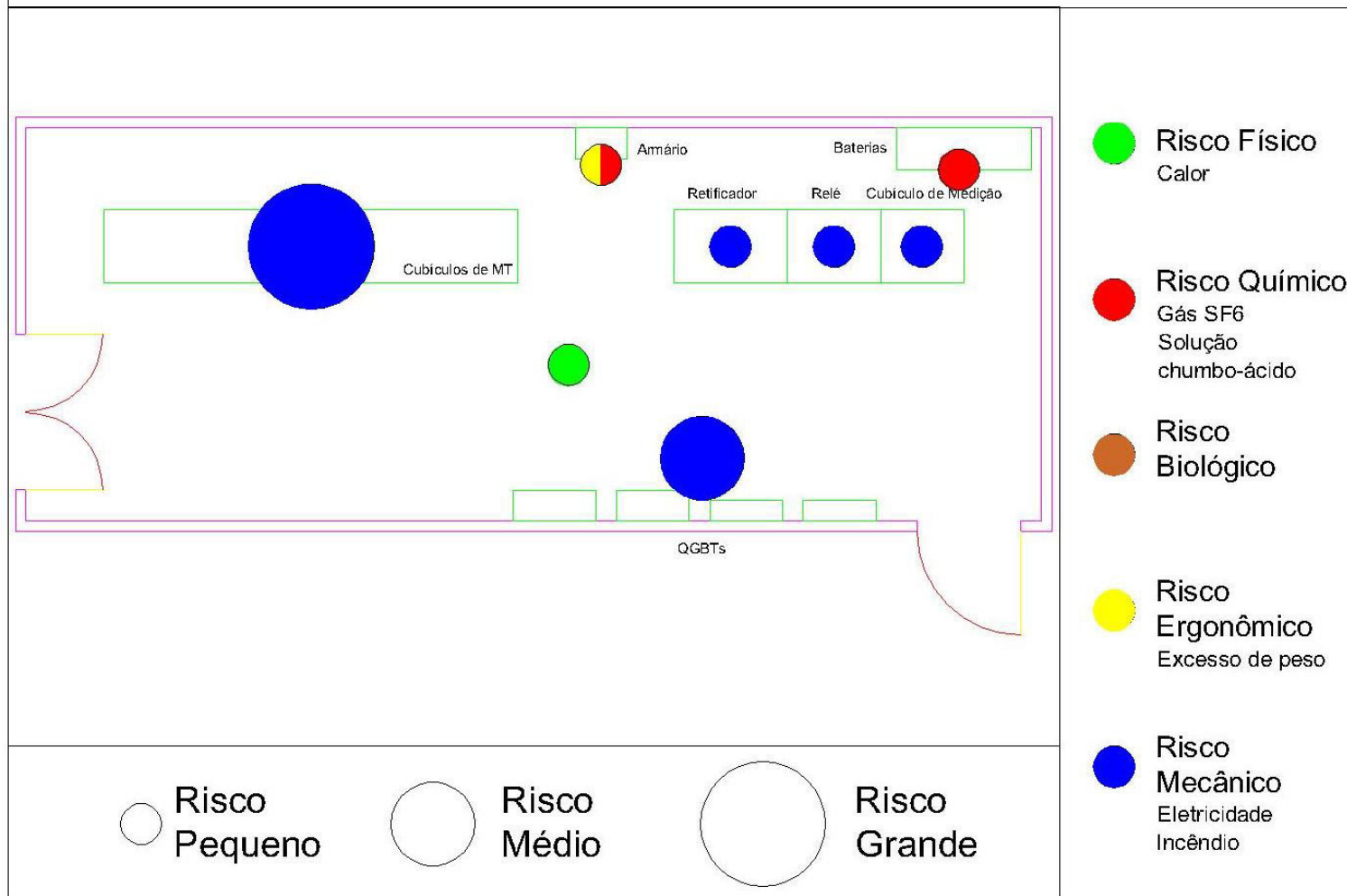
Fonte: Balanço Energético Nacional 2018.

**APÊNDICE A – ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO PARA TRABALHOS EM  
SUBESTAÇÕES DE 13.8 kV/380 V.**


 <b>UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ</b>		<b>ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS - APR</b>	
<b>Atividade:</b> Acesso e manobra de Subestações de 13.8 kV/380 V		<b>Área:</b> Engenharia Elétrica	
<b>Equipamentos:</b> Quadros elétricos, disjuntores, chaves seccionadoras, chaves fusíveis, capacitores, baterias, TC's, TP's, cubículos blindados, retificadores.			
<b>Atividade</b>	<b>Riscos</b>	<b>Medidas de Controle</b>	
Entrada na Subestação	Choque elétrico por tensão de passo ou por eletricidade estática.	Uso de botas e luvas isolantes. Verificar condições do aterramento das portas e portões e corrigir em caso de falhas.	
Manobra de Quadros Elétricos	Choque elétrico por contato com partes vivas e queimaduras por arco elétrico.	Uso de botas, luvas, tapetes isolantes, traje resistente à chamas e de óculos de proteção.	
Manutenção em Banco de Capacitores	Choque elétrico por contato com partes vivas e queimaduras por arco elétrico e/ou explosão de capacitor.	Desenergizar e impedir reenergização do banco de capacitores. Aguardar completa descarga das células capacitivas através de resistor de descarga. Uso de botas, luvas, tapetes isolantes, traje resistente à chamas e de óculos de proteção.	
Manutenção de Banco de Baterias	Choque elétrico por contato com partes vivas e queimaduras por arco elétrico e/ou explosão de bateria.	Desenergizar e impedir reenergização do banco de baterias. Desconectar baterias e isolar seus contatos para impedir ocorrência de curto-circuito. Uso de botas, luvas, tapetes isolantes, traje resistente à chamas e de óculos de proteção.	
Manobra de Disjuntor	Risco de choque elétrico e de queimadura por arco elétrico.	Retirada de toda carga através da abertura dos disjuntores a jusante. Sacar o disjuntor do circuito, se possível. Uso de botas, luvas, tapetes isolantes, traje resistente à chamas e de óculos de proteção.	
Manobra de Chave Seccionadora	Risco de choque elétrico e de queimadura por arco elétrico.	Retirada de toda carga através da abertura dos disjuntores a jusante e a montante, se houverem. Aterrizar terminais da chave seccionadora. Uso de botas, luvas, tapetes isolantes, traje resistente à chamas e de óculos de proteção.	
Manutenção em Transformadores de Potência, Potencial e de Corrente	Risco de choque elétrico e de queimadura por arco elétrico.	Manobrar os disjuntores e a chave seccionadora. Se necessário, solicitar desenergização para a concessionária. Aterrizar contatos do transformador. Uso de botas, luvas, traje resistente à chamas e de óculos de proteção.	
<b>Elaborador</b>	<b>Cargo</b>	<b>Matrícula</b>	
Antônio Anderson Fonseca de Sousa	Graduando em Engenharia Elétrica	356235	

APÊNDICE B – MAPA DE RISCO DA SE 69KV

## MAPA DE RISCOS - PARTE ABRIGADA SE69 KV



## APÊNDICE C – CHECKLIST APLICADO EM CAMPO

 <b>UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ</b>	<b>CHECK-LIST DE INSPEÇÃO DE SUBESTAÇÃO</b>		
<b>Responsável Técnico/CREA:</b>			
<b>Data da Inspeção:</b>			
<b>Hora da Inspeção:</b>			
<b>Temperatura</b>	<b>R(°C)</b>	<b>S(°C)</b>	<b>T(°C)</b>
<b>Transformador 01</b>			
<b>Transformador 02</b>			
<b>Transformador 03</b>			
<b>Temperatura Ambiente:</b>		<b>Fator de Potência:</b>	
<b>Temperatura do Banco de Capacitores:</b>		<b>Tensões de Linha de Entrada:</b>	
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>N/A</b>
Existem placas com aviso de perigo de morte nas portas da Subestação?			
As aberturas de ventilação possuem grades de proteção?			
Portas e grades externas são devidamente aterradas?			
As portas e grades externas estão em estado de conservação adequado?			
O sistema de iluminação da subestação é adequado e funciona corretamente?			
Existe sistema de iluminação de emergência?			

DESCRIÇÃO	SIM	NÃO	N/A
O sistema de iluminação de emergência funciona adequadamente?			
A subestação possui sistema de ventilação/climatização adequado?			
Existem indícios de infiltração/alagamento na subestação?			
As áreas energizadas da subestação são devidamente protegidas contra contato acidental?			
Todos os quadros elétricos da subestação estão devidamente aterrados?			
Todas as grades de proteção no interior da subestação estão devidamente aterradas?			
Todos os quadros elétricos estão devidamente identificados, inclusive com o nível de tensão?			
Todos os circuitos terminais dos quadros elétricos estão devidamente identificados?			
A subestação dispõe de tapetes isolantes nas áreas de manobra?			
A subestação dispõe de extintor de incêndio?			
O extintor de incêndio é adequado, está carregado e dentro do prazo de validade?			
A estrutura do prédio da subestação apresenta estado de conservação adequado?			
A subestação apresenta estado de limpeza adequado?			
O interior da subestação possui organização e sem a presença de objetos desnecessários?			
Foram detectados animais ou indícios da presença de animais no interior da subestação?			
A subestação dispõe de diagrama unifilar visível em seu interior?			
A subestação dispõe de instruções para manobras de energização e desenergização disponíveis?			
<b>Observações</b>			