

## Práticas e Saberes de Trabalhadores: investigação na perspectiva da etnomatemática

Celso Voto Akil<sup>1</sup>, Janaina Veiga Carvalho<sup>1</sup>, Ana Maria Severiano de Paiva<sup>1</sup>

celsoakil@gmail.com, janainavcarvalho@gmail.com, anaseveriano@uol.com.br,

<sup>1</sup> Programa de pós-graduação stricto sensu - Mestrado Profissional em Educação Matemática, Universidade Severino Sombra, Vassouras, Rio de Janeiro, Brasil

### Resumo

O artigo apresenta pesquisa desenvolvida no âmbito da dissertação de Mestrado em Educação Matemática realizada na Universidade Severino Sombra (Vassouras/RJ). O objetivo do trabalho foi investigar práticas e saberes de trabalhadores das redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica, no estado do Rio de Janeiro. Como referencial teórico, definiu-se investigação na perspectiva do programa etnomatemático, apresentadas por Ubiratan D'Ambrosio e Paulo Freire. Na pesquisa, foram selecionados exemplos e práticas de tarefas vividas pelos operários, estabelecendo-se paralelo com o saber científico. A análise dos dados possibilitou identificar que é no trabalho, pela experiência, que se constrói o saber daqueles que não puderam estar nos bancos escolares por um tempo longo que lhes permitisse apreender as "leis da engenharia". Será "o saber de experiência feito", apresentado por Freire que, ao confrontar-se cotidianamente com o desgaste físico, com o cansaço, possibilitará aos trabalhadores vivenciar a formação durante e no trabalho.

**Palavras chave:** Saber. Experiência. Etnomatemática.

### Abstract

The paper presents research carried in the extent of the elaboration of the dissertation of Master's degree accomplished in the Universidade Severino Sombra (Vassouras / RJ), in the masters degree program, Stricto Sensu, in mathematical education. The objective of the work was to investigate them know and the workers' practices the lines of transmission of transport of the electric power in the State of Rio de Janeiro. The theoretical research was defined from the perspective of the program ethnomathematical presented by Ubiratan D'Ambrosio and Paulo Freire. In research, we selected examples and you practice of lived tasks by the workers, setting up parallel with the scientific knowledge. Data analysis identified that is at work, by experience, that builds the knowledge of those who could not be at school for a long time allowing them to seize the "laws of engineering." Will be "the knowledge of experience done," presented by Freire who, that when confronting, daily, with the physical wear and tear, with the fatigue, allow workers to live the formation during and in the work.

**Key-words:** Knowledge. Experience. Ethnomathematics.

## 1. INTRODUÇÃO

O ensaio que apresentamos apresenta resultados de pesquisa que tinha como objeto de investigação a compreensão de como se processam e como são incorporados nas práticas de "formação em serviço" os "saberes de experiência feitos" (FREIRE, 1997), por aqueles que despendem um tempo longo de suas vidas no espaço do trabalho. Confrontando-se cotidianamente com o desgaste físico, com o cansaço, adultos-trabalhadores vivenciam a formação durante o (e) no trabalho.

Como campo empírico<sup>1</sup> da pesquisa, definiu-se a área eletromecânica das práticas dos sistemas elétricos das distribuidoras de energia. Nestas se encontrou práticas que possibilitam a interação dos engenheiros com os trabalhadores. Os cenários da pesquisa são as subestações de distribuição de energia elétrica<sup>2</sup> e as

<sup>1</sup> Empírico no sentido de ser fundado exclusivamente na experiência.

<sup>2</sup> Subestação de energia elétrica é a instalação que possibilita rebaixar a energia elétrica a níveis de tensão comercializáveis em residências, iluminação pública, escolas, hospitais, fábricas, comércio, entre outros

linhas de transmissão<sup>3</sup> para o transporte de energia elétrica. Todos representam cenários da eletromecânica onde estão instalados equipamentos e obras de arte da construção civil que funcionam com a interação dos equipamentos-máquinas-mecanismos: elétricos, mecânicos, pneumáticos.

Partiu-se das observações de situações da vida profissional de um dos pesquisadores nas áreas das engenharias elétrica, mecânica e civil desde seu período de estágio comprobatório da profissão de engenheiro, ocorrido em 1971 em concessionária de distribuição de energia elétrica<sup>4</sup> e pequena central hidrelétrica<sup>5</sup> ou PCH, percorrendo 38 (trinta e oito) anos de atividades profissionais. Em contato com trabalhadores, observava saberes presentes no desenvolvimento das atividades necessários à execução de tarefas de manutenção programada, mas principalmente durante os serviços de atendimento emergencial nas instalações da concessionária de energia elétrica e pequena central hidrelétrica, quando ocorrem os defeitos elétricos, mecânicos e civis. Neste momento, tornava-se fundamental a experiência. Esta era capaz de “produzir um saber fazer” diferenciado do saber do engenheiro, construído nos espaços formais de formação.

Nestas situações anormais e imprevisíveis, as decisões têm que ser tomadas no campo, baseada em análise no momento das ocorrências. São os trabalhadores “sem escolarização formal sobre as leis da engenharia” que, em contato telefônico ou por rádio de telecomunicação com os engenheiros de plantão na administração central da companhia, afastada da instalação, encontram as possíveis soluções para os problemas.

O professor-engenheiro domina conhecimentos que o “aluno-trabalhador” ainda não domina. Será no confronto da teoria com a prática, do que se aprende nos espaços formais de formação com o que se coloca em “uso” no campo específico de uma ação, que se observará que ambos – engenheiro e operário – tornam-se sujeitos da construção de um “outro” saber, aquele que incorpora a experiência. (FREIRE, 1996).

Aquele que ensina, o engenheiro, diante do conhecimento do trabalhador, que provém da prática,

reelabora o que sabe ao ensinar, apropriando-se do saber de quem detém a prática.

Foram estas observações e reflexões que conduziram a proposta de pesquisa, definindo os procedimentos metodológicos, os sujeitos e os locais da pesquisa, como também o referencial teórico. Para este artigo selecionamos dois pesquisadores que fundamentam as reflexões: um do campo da educação, o Professor Paulo Freire e outro do campo da educação matemática, o Professor Ubiratan D’Ambrósio. Algumas problematizações nortearam a pesquisa. Uma delas era: Como exercem o ofício, como realizam as tarefas eletricitas e eletromecânicos, se não dominam conceituações das leis ou princípios pertencentes às engenharias nas especializações elétrica e mecânica? Algumas dessas leis são as exemplificadas a seguir:

- a) Lei de Ohm;
- b) Leis de Kirchoff dos Nós e das Malhas;
- c) Componentes Simétricas aplicadas aos circuitos de corrente alternada de 50/60 Hz;
- d) Leis da Dilatação Térmica dos Materiais;
- e) Equação da mudança de estado 1 para estado 2 para cabos suspensos;
- f) Cálculos de verificação do paralelo dos transformadores de potência etc.

O que se observou no decorrer da pesquisa é que o trabalhador ultrapassa essa deficiência de conhecimento de leis e princípios buscando caminhos não acadêmicos. É aqui que podemos situar o objetivo desta pesquisa:

- a) Investigar os saberes matemáticos utilizados nas práticas de campo;
- b) Como a experiência possibilita a “formação não escolar” da profissão dos operários;
- c) Investigar, na relação entre engenheiros e operários, como se criam as possibilidades para a produção de conhecimentos matemáticos que incorporam experiência e conhecimento formal;

A pesquisa partiu da hipótese de que o exercício do trabalho possibilitaria “uma construção não escolar da profissão”, mas, para que isto ocorresse, tornava-se necessária a “troca de conhecimentos”.

Com base nas teorias da engenharia o engenheiro define e transmite as ações ao operário. Este, ao realizar a atividade incorpora o “saber de experiência feito”, ou seja, a prática das ações de engenharia. Este processo, observado durante a pesquisa, permite afirmar que engenheiro e operário tornam-se gestores de campo.

Para compreender esse processo de construção de saberes, considerando espaço formal, experiência, modos de fazer, modos de apropriação e transmissão de conhecimentos definiu-se o programa etnomatemático, como referencial teórico. Este, tem uma metodologia que, segundo Fiorentini (1995, p. 25), “[...] seria uma maneira muito particular de grupos culturais específicos realizarem as tarefas de classificar, ordenar, inferir e modelar”. D’Ambrósio (2002, p 23) ao analisar o fazer matemático no cotidiano afirma que há “[...] uma etnomatemática não aprendida nas escolas, mas no ambiente familiar, no ambiente dos brinquedos e de trabalho, recebida de amigos e colegas. Como se dá esse aprendizado? [...] Grupos profissionais praticam sua própria etnomatemática”.

Sendo assim, a pesquisa visou investigar um determinado grupo profissional e entender o saber/fazer

<sup>3</sup> Linhas de transmissão de energia elétrica são meios de transporte da energia elétrica por meio de cabos aéreos suspensos em torres metálicas ou estruturas de concreto ou madeira desde as usinas geradoras de energia elétrica até as subestações distribuidoras de energia elétrica.

<sup>4</sup> São empresas que comercializam a energia elétrica e prestam este serviço por delegação da União na sua área de concessão, ou seja, na área em que lhe foi dada autorização para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica.

<sup>5</sup> São considerados como Pequenas Centrais Hidrelétricas, ou PCH, os empreendimentos hidrelétricos com potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, com área total de reservatório igual ou inferior a 3,0 km<sup>2</sup>. A área do reservatório é delimitada pela cota d’água associada à vazão de cheia com tempo de recorrência de 100 anos. A PCH é uma empresa que recebe a outorga da União para explorar o potencial hidráulico de um rio, gerando energia elétrica.

matemático que caracterizavam as práticas, no exercício profissional. (D'AMBRÓSIO, 2002).

## 2. ETNOMATEMÁTICA, SABERES E PRÁTICAS: a formação do trabalhador.

O que é Etnomatemática? Esta foi a questão teórica inicial. Historicamente, a denominação etnomatemática é utilizada pela primeira vez por Ubiratan D'Ambrosio, no ano de 1975. Este fornece a seguinte conceituação:

[...] etno é hoje aceito como algo muito amplo, referente ao contexto cultural, e, portanto, inclui considerações como linguagem, jargão, códigos de comportamento, mitos e símbolos; matema é uma raiz difícil, que vai na direção de explicar, de conhecer, de entender; e tica vem sem dúvida de techne, que é a mesma raiz de arte e de técnica. Assim, poderíamos dizer que etnomatemática é a arte ou a técnica de explicar, de conhecer, de entender nos diversos contextos culturais. (D'AMBRÓSIO, 1990, p.5)

Esta composição indicada acima por D'Ambrosio, nomeia e concede significado a Etnomatemática, conforme explicado com a junção de etno, matema e tica. Aplicando-se estes conceitos ao objeto e objetivos deste trabalho, pode-se dizer que “matema” é relativa às tarefas desenvolvidas pelos operários, constituindo-se do explicar a tarefa desenvolvida, entender como essa tarefa se desenvolve e estabelecer a relação com os conceitos matemáticos utilizados pelos operários.

Há muitas formas de fazer, de pensar, inclusive matemático, relacionadas a sobrevivência. São estas questões que exigem de nós estudar, entender, investigar e, como este é o objetivo do Programa Etnomatemático, tornou-se o principal referencial teórico da pesquisa, até porque o objetivo é entender o saber/fazer matemático dos operários e não propor um “saber/fazer” para estes.

### 2.1. Os locais da pesquisa

O espaço da pesquisa é o das redes de distribuição de energia elétrica. Para a realização do trabalho definiu-se áreas de atuação: a) manutenção de subestação de energia elétrica; b) linha de transmissão de transporte de energia elétrica. Será nestes locais que se buscará identificar:

- As tarefas das Engenharias para as quais os operários aplicam os saberes da experiência;
- Como os engenheiros avaliam a execução destas tarefas que consideram o que é solicitado e o modo de fazer do operário;

**Distribuidoras** são empresas que comercializam energia elétrica. Prestam serviço por delegação da União na sua área de concessão. A comercialização ocorre em áreas residenciais, comerciais, industriais, municipais, estaduais e federais em diversos níveis de tensão elétrica, em redes de baixa tensão, rede de média tensão, ou rede de alta tensão.

Estas redes constituem-se dos seguintes componentes:

- subestações;
- linhas de transmissão;
- redes de distribuição de energia elétrica.

**Subestação** é uma instalação elétrica de alta potência, contendo equipamentos para transmissão, transformação, distribuição, proteção, controle e disjunção de energia elétrica. É constituída pelo pátio onde são colocados sobre obras de construção civil os sistemas de aterramento, a casa de controle com os painéis de controle e proteção, sala de baterias, retificadores, equipamentos de comunicação, pórticos, estruturas de sustentação, barramentos e os equipamentos montados no pátio ou casa de controle: chaves seccionadoras, disjuntores, transformadores de instrumentação, pára-raios, transformadores de potência, cubículos de média tensão e os cabos de força.

Durante o percurso entre as usinas e as cidades, a eletricidade passa por diversas subestações, onde aparelhos chamados transformadores aumentam ou diminuem a sua tensão.

É importante lembrar que o fornecimento de energia elétrica no Brasil é feito por meio de um grande e complexo sistema de subestações e linhas de transmissão, interligadas às várias usinas de diversas empresas. Uma cidade não recebe energia de uma única usina, e sim a energia gerada por diversas usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares, dependendo da região constituindo-se em um sistema elétrico ou malha elétrica interligada.

**Linhas de transmissão** de energia elétrica são meios de transporte da energia elétrica por meio de cabos aéreos suspensos em torres metálicas ou estruturas de concreto ou madeira desde as usinas geradoras de energia elétrica até as subestações distribuidoras de energia elétrica.

### 2.2. Os Sujeitos da Pesquisa

Os sujeitos da pesquisa exercem funções na área de eletromecânica e de electricista. São responsáveis por atendimentos das ações decorrentes do plano de manutenção preventiva e preditiva das instalações e situações emergenciais.

Os equipamentos dos electricistas são os transformadores de força, disjuntores, cabos de energia, transformadores de instrumentos, chaves seccionadoras, para raios, cubículos, blindados, malhas de aterramento, pórticos, barramentos, conexões, comutadores em carga<sup>6</sup>, reguladores de tensão, manutenção da construção civil dos próprios da subestação, termômetros e níveis de óleo isolante e oficina ligada à área de subestação. Realizam manutenção elétrica específica e mecânica em geral.

Nas linhas de transmissão, os equipamentos atendidos pelos operários de eletromecânica são: faixas de segurança; fundações das torres; sistemas de aterramento existente por torre; torres ou postes suportes dos cabos de energia e pára-raios; cabos condutores e pára-raios; isoladores e nas ferragens de fixação dos componentes da linha de transmissão. As Figuras 1 e 2, retratam ambientes de trabalho- subestações e as linhas de transmissão- onde se realizam as tarefas práticas dos operários. Apresentam-se locais, segmentos, máquinas,

<sup>6</sup> Comutadores em carga são dispositivos existentes nos transformadores de força. São responsáveis pela comutação entre derivações de tensão dos enrolamentos com a função de manter um nível de tensão elétrica preestabelecido pelo centro de operação do sistema, no qual o transformador está inserido.

equipamentos e aparelhos utilizados que formam o palco para que os sujeitos da pesquisa atuem.



Figura 1: Operários no local de trabalho em uma linha de transmissão. Cenário constituído de torres treliçadas, penca de isoladores, cabos condutores, cabos pára-raios e ferragens.



Figura 2: Local de trabalho dos operários em uma subestação: Serviços de medição dos sistemas de aterramento impulsivo (malha de terra) com medição dos potenciais de toque e de passo.

### 2.2.1. Os vinte (20) trabalhadores

Os procedimentos Metodológicos da pesquisa foram a observação direta e a realização de entrevistas semi-estruturadas com vinte (20) trabalhadores, com tempo de serviço na faixa de quinze (15) a quarenta (40) anos de profissão.

A análise dos dados atendeu a pesquisa qualitativa e quantitativa, considerando a análise do *corpus* das entrevistas e a interpretação dos dados coletados. Foram realizadas nos cenários da pesquisa, pequenas centrais hidrelétricas, subestações e linhas de transmissão.

A entrevista semi-estruturada identificou trajetória social e profissional. Ocorreram em três locais: nas subestações, nas PCHs e nas linhas de transmissão. Optou-se por esses locais na busca de um maior número de informações diversificadas sobre as tarefas, os tipos de profissionais e os ambientes de trabalho. As maiores taxas ficaram com as subestações e PCHs, em função da diversidade de tarefas na área elétrica e mecânica.

Apresentamos dados da pesquisa, coletados nas entrevistas, que possibilitam atingir o objetivo e respondem a hipótese de trabalho de que é durante o exercício das funções que se faz a formação dos operários, na articulação de “saberes/fazeres” adquiridos em anos de experiência, com o saber do espaço formal dos engenheiros.

A maioria dos entrevistados está na faixa de idade entre 51 a 60 anos (44,4%). Essa faixa etária é a de maior

atividade, devido ao aprimoramento e consolidação dos conceitos técnicos provenientes da experiência profissional.

Outra informação obtida é que a realização de atividades com maior complexidade se inicia na faixa entre 36 e 40 anos (11,1%), duplicando na faixa entre 41 e 50 anos (22,2%). Após os 61 anos (22,2%), no encerramento da carreira, o profissional executa função tipo “consultor”. A grande maioria (78%) dos operários acorda entre quatro (4) e seis (6) horas da manhã. Este fato, agregado ao tipo de serviço, sua localização e condições de execução, torna a jornada de trabalho exaustiva por exigirem grande esforço físico-mental, considerando-se: a) os aspectos técnicos complexos da tarefa; b) a segurança do trabalho na alta tensão; c) o trabalhar em alturas, nos equipamentos, barramentos das subestações e torres da linha de transmissão; d) a execução de tarefas na presença das cargas mecânicas no estado de equilíbrio estático e dinâmico existentes nos cabos condutores, para-raios e torres das linhas de transmissão; e) o trabalho ao sol nos equipamentos com isolamentos (higroscópicos) sensíveis a umidade relativa do ar; f) o manuseio de peças mecânicas com ajustes de precisão, as máquinas eletromecânicas de grande porte, exigindo uma grande atenção no seu manuseio, de modo a não danificá-las; g) a necessidade de deslocamentos entre as instalações; h) o atendimento às emergências e aos plantões que são somados à jornada normal de oito (8) horas diárias de trabalho.

A pesquisa identificou que 67% dos trabalhadores são da área profissional da eletricidade e 33% são da área mecânica. O percentual maior em eletricidade deve-se ao fato de que nas subestações, linhas de transmissão e PCH existem áreas ou subáreas de eletricidade. Entretanto, é importante destacar que, apesar das especializações diferenciadas, 50% de operários, devido à experiência adquirida ou construída, são colaboradores multitarefa<sup>7</sup>, atuando tanto na parte elétrica quanto na parte mecânica. Identificar, a partir das entrevistas, estas condições de trabalho e o fato de que a grande maioria (50%) chega a casa entre 18 e 19 horas permite afirmar que não possuem, ao final da jornada, predisposição ou tempo para a formação “formal”. Esta análise dos dados indica que o espaço usual para o aprendizado é o próprio local de trabalho e durante o trabalho. Identificou-se também aumento do tempo de trabalho na profissão, sendo crescente até a faixa das idades entre 35 e 40 anos de profissão. Com a necessidade da experiência ou da chamada experiência dos “profissionais de cabelo branco”, em alusão ao biótipo devido à idade, observa-se que as centrais e redes demandam o reingresso de profissionais aposentados para orientar e transmitir experiência para os mais novos. Estes profissionais reingressados, já estão capacitados, iniciaram suas atividades ainda jovens.

Uma das questões apresentadas, durante a entrevista, se referia a experiência profissional. A resposta sempre foi de que fora adquirida ao longo da atuação entre uma (1)

<sup>7</sup> Colaboradores multitarefa são os operários que atuam em diversas especializações, como a elétrica, a mecânica, o meio ambiente, a relação institucional, a construção civil e a relação com a sociedade local em que a instalação está inserida.

até três (3) empresas. Quase 100% dos entrevistados começaram a carreira profissional na função mais simples da classe elétrica ou mecânica, ou seja, como *auxiliar de serviços de eletricidade* ou *auxiliar de serviços de mecânica*. Alguns dos entrevistados colocaram que começaram na profissão como *carregadores de caixas de ferramentas* ou *trabalhadores braçais* na equipe.

### 3. A TAREFA: o saber/fazer do trabalhador

Uma questão apresentada durante a entrevista aos operários buscava identificar a escolaridade. A grande maioria (61%) possui ensino fundamental. O restante (39%) possui o ensino médio técnico. Ao se buscar identificar quais eram os conteúdos matemáticos mais utilizados identificamos: soma (94%), multiplicação (94%), divisão (94%) e subtração (83%). Seguem-se percentagem (89%), frações (67%) e regra de três (61%). Estas operações são realizadas durante inúmeras tarefas, assim como na leitura de medições em aparelhos, uso de escalas, medições mecânicas, elétricas e físicas das mais diversas.

Estes dados coletados possibilitaram identificar com quais conhecimentos matemáticos o trabalhador executava as tarefas das Engenharias. Para exemplificar apresentamos uma tarefa:

Colocação em paralelo de autotransformadores com potências, impedâncias e derivações de tensões diferentes, em atendimento a contingência no sistema de potência.

Em consonância com as etapas colocadas por Latorre (2008) observamos que para realizar as tarefas cumprem as seguintes ações:

- a) Calcular;
- b) Contar;
- c) Medir;
- d) Classificar;
- e) Ordenar;
- f) Inferir.

A prática apresentada se enquadra nos seguintes campos de saber da engenharia:

- a) Engenharia de operação de subestações de energia;
- b) Técnicas de operação de equipamentos;
- c) Circuitos elétricos de corrente alternada;
- d) Medição elétrica.

A instalação ou equipamento, objeto da prática são os equipamentos que compõem o setor de transformação de 138/69 kV de subestação com 2 (dois) autotransformadores de força 138/69/11, 9-13, 8 kV- 83 MVA.

A Tarefa realizada em atendimento a perda de uma das unidades - transformadoras de 83 MVA - torna necessária a instalação emergencial de unidade reserva de 67 MVA e com impedâncias e derivações de tensões diferentes, para restabelecimento da disponibilidade do sistema elétrico aos clientes.

No artigo "Paralelo de Transformadores Trifásicos", Pestana (2008) indica a base teórica físico-matemática que modela a tarefa. Mas, para se poder fazer esta ligação em paralelo tem de se cumprir certas condições:

- a) Igualdade de tensões e relação de transformação;

- b) Igualdade de desfasamento dos diagramas vectoriais (do secundário em relação ao primário);
- c) Igualdade de sequência;
- d) Igualdade de tensões de curto-circuito;
- e) Uma relação de potência compatível.

Então, se cumprirem estas cinco condições, pode-se efetuar o paralelo de dois ou mais transformadores.

Estas condições, estabelecidas por Pestana (2008), indicam as condições para que transformadores (ou autotransformadores) possam trabalhar em paralelo sem acarretar problemas para as unidades e consequentemente para o sistema elétrico.

No exemplo apresentado algumas das características dos autotransformadores não são exatamente iguais. Para que eles possam operar em paralelo é necessária uma avaliação de cada condição indicada por Pestana (2008) de modo mais detalhado.

Na Tabela 1 a seguir são realizadas as verificações das condições de paralelismo entre o autotransformador 1 e 2 envolvidos na tarefa em questão.

A Figura 3 apresenta o diagrama das verificações das condições do paralelismo dos autotransformadores da subestação em função da tabela 1.

As condições de paralelismo colocadas por Pestana (2008) são as adotadas pela engenharia elétrica, como pode ser observado na Tabela 1 e diagrama apresentado na Figura 3. Estas condições não são totalmente atendidas nos item "1. Igualdade de tensões e relação de transformação" e no item "4. Igualdade de tensões de curto-circuito" ou impedâncias em cada relação de tensão, o que não recomenda de imediato a colocação dos 2 (dois) autotransformadores em paralelo.

#### Como o operário resolveu o problema?

O problema foi resolvido com a solução prática encontrada pelo técnico de manutenção, sendo colocada verbalmente do seguinte modo:

Podemos colocar os autotransformadores em paralelo em posições de tensões físicas diferentes, de tal modo que as impedâncias destas posições se igualem e evitem a circulação de (reativo) corrente entre os transformadores.

Solicitado a escrever como a idéia de funcionamento dos transformadores surgiu, o técnico da manutenção informou que fizera comparação por analogia.

#### COMPARAÇÃO POR ANALOGIA:

Sabemos que os TRAFOS 1 e 2 são de Potências e Impedâncias diferentes. Por exemplo:

Duas caixas d água. Uma de 83 litros e outra de 67 litros. Qual seria o controle? Controlaremos os níveis de cada caixa pela bóia, já que a fonte de alimentação é a mesma. Automaticamente a caixa maior mais água absorvera.

Deste modo, foi realizada a ligação, de tal modo que os transformadores funcionassem em paralelo, igualando-se manualmente as posições das tensões dos enrolamentos de 138kV, até que os medidores dos equipamentos indicassem falta de circulação entre os mesmos se igualado o sentido e a partição de corrente (reativo) entre as unidades.

Em media as duas unidades funcionavam com uma diferença de 9 (nove) posições de derivação (tapes) de

tensão. Ou seja, se um trafo está na posição 19, o outro estará na posição 10, sendo a diferença 19-10=9 posições.

Os autotransformadores 1 e 2 da subestação funcionaram em paralelo até que a unidade defeituosa de 83 MVA foi reparada.

Isto indica que a sugestão prática, do operário, funcionou corretamente.

Os operários executam durante a tarefa as condições indicadas na tabela 2.

Verificação das condições de Paralelismo dos autotransformadores da subestação		
Autotransformador 1	Autotransformador 2	Condição
<b>Condição nº 1: Igualdade de tensões e relação de transformação.</b>		
21x145±2, 5%/69/13, 8-11, 95kV	145,2-118,8/72,6-64,35/11.45-13,8kV	<b>Não Ok</b> (posições próximas, mas não iguais)
<b>Condição nº 2: Igualdade de defasamento dos diagramas vetoriais (do secundário em relação ao primário).</b>		
YyD1	YyD1	<b>Ok</b>
<b>Condição nº 3: Igualdade de sequência.</b>		
Y/y (1,2,3) / D(1,2,3) anti-horário	Y/y (1,2,3) / D(1,2,3) anti-horário	<b>Ok</b>
<b>Condição nº 4: Igualdade de tensões de curto-circuito.</b>		
Posição 132,25/69 kv = 5,80% (P <sub>b</sub> =50 MVA)	Posição 132,00/66 kv = 5,91% (P <sub>b</sub> =50 MVA)	<b>Não Ok</b> (valores próximos, mas não iguais)
<b>Condição nº 5: Uma relação de potência compatível.</b>		
83 MVA	67MVA (67/83=0,807 > 1/3=0,333)	<b>Ok</b>

Tabela 1: Verificações das condições de paralelismos dos autotransformadores da subestação-2008 (Fonte: Dados dos catálogos dos autotransformadores de 83 e 67 MVA – 2008).

Definição das variáveis de controle do processo etnomatemático segundo Latorre (2008)	Identificação das variáveis de controle do processo etnomatemático na tarefa nº 1
<b>MEDIR:</b> No sentido de avaliar ou determinar a medida, extensão ou grandeza de.	No sentido de perceber a possibilidade da colocação em paralelo os autotransformadores.
<b>INFERIR:</b> No sentido de deduzir por meio de raciocínio, tirar por conclusão ou consequência.	No sentido de estabelecer a idéia de colocação os autotransformadores em paralelo nas posições iguais.
<b>CONTAR:</b> No sentido de verificar o número.	Ao verificar a existência de tensões que apesar de posições diferentes em cada autotransformador eram iguais.
<b>CALCULAR:</b> No sentido de fazer conta.	No sentido de comparar as posições das tensões de cada autotransformador. Utilização dos operadores relacionais: "maior do que", "menor do que" e igual.
<b>CLASSIFICAR:</b> No sentido de distribuir por classes ou atribuir categoria ou valor.	No sentido da existência de posições que poderiam ser usadas.
<b>ORDENAR:</b> No sentido de dispor, conferir.	Conferido indiretamente, no centro de operação as medições (nas conferências) do fluxo de potência entre os autotransformadores.

Tabela 2: Variáveis de controle que operacionalizam o marco teórico do processo etnomatemático para a tarefa da prática nº 5 – 2008 (Fonte: Observações das tarefas de engenharia referentes ao objeto da pesquisa e executadas pelos operários, 2008).

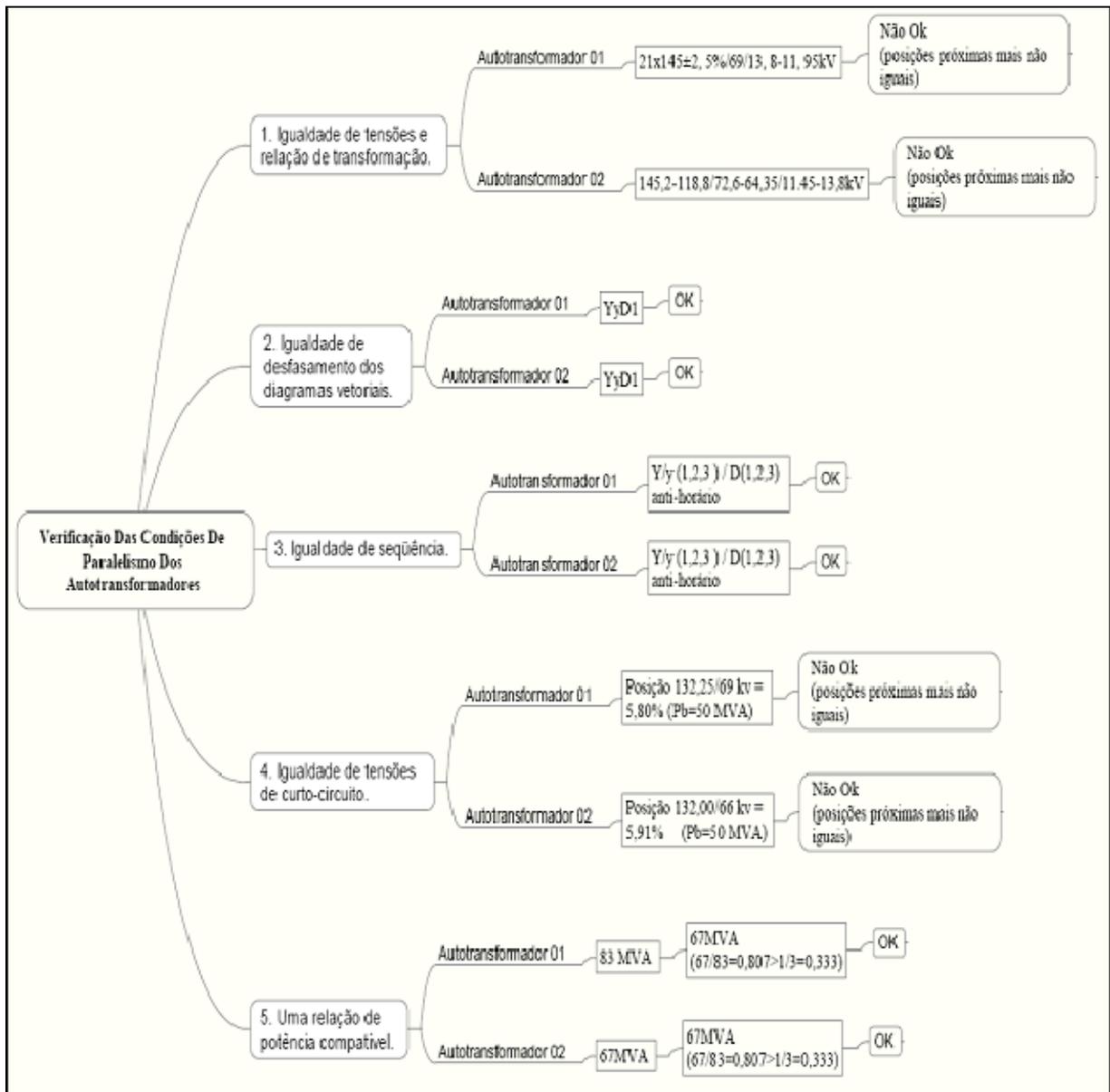


Figura 3: Diagrama das verificações das condições de paralelismo dos autotransformadores da subestação-2008 (Fonte: Dados dos catálogos dos autotransformadores de 83 e 67 MVA – 2008).

## 5 CONCLUSÕES

A pesquisa sobre a qual apresentamos aqui alguns resultados possibilitou identificar que a formação de operários ocorre tanto nos espaços formais, onde adquirem uma titulação, tanto quanto no exercício do ofício, quando necessitam utilizar o que aprenderam para realizar as ações solicitadas, mas também encontrar soluções para fatos e situações não previsíveis. Resolvê-las exige a junção do conhecimento escolar com o saber de experiência feito. São esses conhecimentos que, ao afetarem o comportamento, permitem resolver questões colocadas pelo cotidiano. É a necessidade de uma resposta a problemas e situações distintas que sugere como o conhecimento é gerado por diferentes grupos sociais e profissionais. No caso apresentado são os operários que “fazem porque estão sabendo” e “sabem porque estão fazendo”. (D’AMBRÓSIO, 2002). Ao conhecimento do engenheiro, adquirido nos bancos escolares das universidades é incorporado novos fatos, novos saberes explicitados no momento da ação do

operário quando precisa encontrar a solução para uma determinada situação, como a que foi apresentada neste trabalho.

Colocação em paralelo de autotransformadores com potências, impedâncias e derivações de tensões diferentes, em atendimento a contingência no sistema de potência.

É interessante destacar a importância do conhecimento como resultado de um processo cumulativo, para estes operários, sujeitos da pesquisa. A identificação de que há inclusive a “recontratação” dos “profissionais de cabelo branco”, para orientar e transmitir experiência para os mais novos, associado à importância de uma trajetória profissional que se inicia no exercício de funções simples da classe elétrica ou mecânica, ou seja, como *auxiliar de serviços de eletricidade* ou *auxiliar de serviços de mecânica*; como *carregadores de caixas de ferramentas* ou *trabalhadores braçais*, contribuem para informar

sobre a importância da formação em serviço, considerando dois aspectos: o conhecimento do engenheiro e do operário; o conhecimento escolarizado e o saber de experiência feito.

A pesquisa possibilitou reconhecer que há uma variedade de formas de aprender e de exercer a “matemática” No caso estudado está condicionada, contextualizada com a prática de operários que exercem ação eletromecânica e elétrica em instalações da concessionária de energia elétrica, quando ocorrem os defeitos elétricos, mecânicos e civis, quando realizam tarefas de manutenção programada que, sem os devidos conhecimentos acadêmicos da física e da matemática, utilizam intuitivamente estes conteúdos na na formação e no ofício.

## **REFERÊNCIAS**

D’AMBROSIO, U. **Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade**. Belo Horizonte: Autêntica 2002.

D’AMBROSIO, U. **Etnomatemática - Arte ou técnica de explicar ou conhecer**. São Paulo: Ática, 1990.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Esperança: Um reencontro com a Pedagogia do Oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1992. Notas: Ana Maria Araújo Freire. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

FIORENTINI, D. **Alguns modos de ver e conceber o ensino da matemática no Brasil**. Campinas: Zeteiké, 1995, Ano 3, nº 4, p. 24-37.

LATORRE, L. D. **Danzas Religiosas: Alguna Relación Con la Matemática**. Valparaíso de Chile, 111 f. Tesis Magister en Enseñanza de las ciencias, mención Didáctica de las Matemáticas. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2008. p. 5.

PESTANA, L. M. F. de M. **Paralelo de transformadores**. Escola Superior de Tecnologia de Viseu, Departamento de Engenharia Electrotécnica, Viseu, Portugal. 2008.

Celso Voto Akil

Brasileiro, casado, nascido em 26/05/1946, Engenheiro Eletricista, Mestre em Educação Matemática, cursos de especialização em: Docência do Ensino Superior e Programa Especial de Formação Pedagógica do Ensino. Atua como engenheiro, desde 1971, na área de engenharia elétrica em sistema de potência de concessionária de energia elétrica no Estado do Rio de Janeiro, Brasil, desenvolvendo estudos e projetos ligados a área de estudos elétricos, proteção, operação e manutenção de subestações, linhas de transmissão e pequena central hidrelétrica (PCH). Desenvolveu inúmeros projetos ligados a engenharia de campo em transformadores de potencia, instrumentos, geradores hidráulico, turbinas hidráulicas, disjuntores, painéis e malhas de aterramento. Participou de projetos de pesquisa e desenvolvimento ligados a área de geração assim como: circuitos de adução, rendimento de geradores-turbinas, meio ambiente, asculção de barragens e recapitação de PCH's. Atualmente trab 2,5alha na área de engenharia de manutenção da Alta Tensão de concessionaria de energia eletrica e desenvolve pesquisa relacionada a Etnomatemática.