

MÉTODOS E PRÁTICAS INTEGRATIVAS EM P&D: Contribuições para a Saúde, Segurança e Qualidade de Vida (SSQV) de Eletricistas de Linha Viva

<http://dx.doi.org/10.21527/2237-6453.2022.58.12318>

Recebido em:12/5/2021

Aceito em:25/11/2021

Flavia Traldi de Lima,¹ Sandra Francisca Bezerra Gemma,² Milton Shoiti Misuta,³
Samuel Bento da Silva,⁴ José Luiz Pereira Brittes⁵

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar métodos e práticas integrativas desenvolvidas em um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) que visa à melhoria da saúde, segurança e qualidade de vida no trabalho (SSQV), por meio de soluções em ferramentas para Eletricistas de Linha Viva (ELV). Para isso, o projeto baseia-se em estudos teóricos e empíricos em Ergonomia, Biomecânica e Cibernética aplicados à tarefa de Poda de Vegetação. Os resultados apresentam os métodos e práticas articulados no projeto e suas constatações preliminares. Entende-se que as inovações proporcionadas pela P&D rompem com métodos e práticas tradicionais ao propor a integração entre Ergonomia, Biomecânica e Cibernética e seus usos por meio de *softwares* e plataformas de *motion capture system* e de simulação 3D de forma original no setor elétrico. Para além disso, os resultados preliminares direcionam para o potencial industrial, científico e tecnológico do projeto que possa culminar em melhoria na saúde, segurança e qualidade de vida no trabalho (SSQV).

Palavras-chave: pesquisa e desenvolvimento; setor elétrico; ergonomia; biomecânica; cibernética.

INTEGRATIVE METHODS AND PRACTICES IN R&D: CONTRIBUTIONS TO HEALTH, SAFETY AND QUALITY OF LIFE (HSQV) OF LIVE-LINE ELECTRICIANS

ABSTRACT

This article aims to present methods and integrative practices developed in a R&D project that aims to improve health, safety and quality of life at work (HSEQV) through solutions in tools for Live Line Electricians (ELV). For this, the project is based on theoretical and empirical studies in Ergonomics, Biomechanics and Cybernetics applied to the task of Pruning Vegetation. The results present the methods and practices articulated in the project and its preliminary findings. It is understood that the innovations provided by R&D break with traditional methods and practices by proposing the integration between Ergonomics, Biomechanics and Cybernetics and their uses through motion capture system and 3D simulation software and platforms, in an original way in the electrical sector. Furthermore, the preliminary results point to the industrial, scientific, and technological potential of the project that may culminate in improvements in health, safety, and quality of life at work (HSEQV).

Keywords: research and development; electrical sector; ergonomics; biomechanics; cybernetics.

¹ Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Campinas/SP, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/7437525861323802>. <https://orcid.org/0000-0002-6389-4764>

² Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Campinas/SP, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/7008872923416197>. <https://orcid.org/0000-0002-8567-157X>

³ Autor correspondente: Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Rua Pedro Zaccaria, 1300 – Jardim Sta Luiza. CEP 13484-350. Campinas/SP, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/8816732984323088>. <https://orcid.org/0000-0001-5426-7083>. milton.misuta@gmail.com

⁴ Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Campinas/SP, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/9738714250093017>. <https://orcid.org/0000-0003-1679-8670>

⁵ Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Campinas/SP, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/5181866705809817>. <https://orcid.org/0000-0003-2419-1342>

INTRODUÇÃO

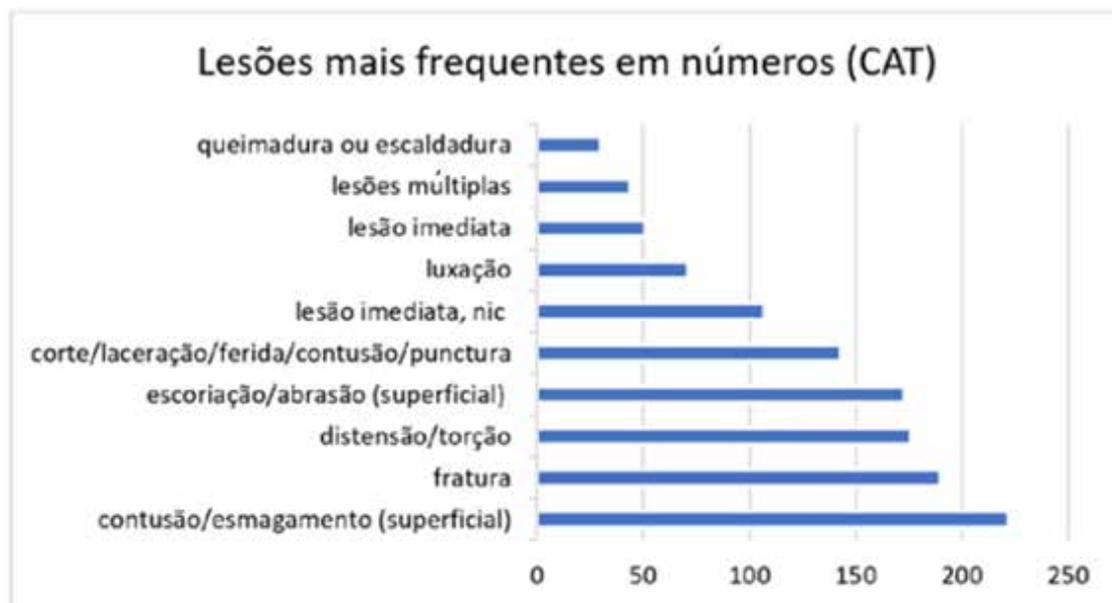
O setor elétrico brasileiro responde a entidades públicas e privadas. Seus serviços contam com áreas de Geração, Transmissão e Distribuição de energia elétrica, garantindo acesso à energia a aproximadamente 200 milhões de consumidores, num total de 170 mil MW de potência fiscalizada (ANEEL, 2020). Dentre as funções executadas no setor, a categoria de Eletricistas de Linha Viva (ELV) de redes de distribuição, foco deste estudo, corresponde ao topo da carreira de um eletricista em uma empresa de distribuição de energia elétrica.

A atividade de ELV é desempenhada em redes energizadas com tensão superior a 1000 volts em corrente alternada, e 1500 volts em corrente contínua, sem interrupção no fornecimento. Na distribuição de energia, os eletricistas operam nas redes urbanas e rurais para pequenos, médios e grandes clientes na montagem de equipamentos, manutenção de redes e podas de vegetação que obstruem os fios. Por ser uma atividade de alto risco, o trabalho de ELV é extremamente especializado, demandando grande carga horária de treinamentos e experiência profissional (GUARDIA; LIMA, 2019).

Sabe-se que no conjunto de ações repetidas de pequeno impacto musculoesquelético e ações pontuais de grande impacto e esforço, somadas às recorrentes posturas, ferramentas pesadas e movimentos repetitivos, os ELV tendem, em algum momento, apresentar sintomas de desconforto, por vezes severos e, eventualmente, lesões que levam a afastamentos e potencializam o risco de incidentes e acidentes (OLIVEIRA; MARTINS; COSTA, 2010; MARTINEZ; LATORRE, 2008; MORIGUCHI *et al.*, 2008).

Dados da Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) do Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho (2018), mostram que em 2018 as três lesões mais frequentes na área de distribuição de energia elétrica estiveram relacionadas a contusões ou esmagamentos superficiais, fraturas ou distorções e torções (Figura 1) (SMARTLAB, 2018).

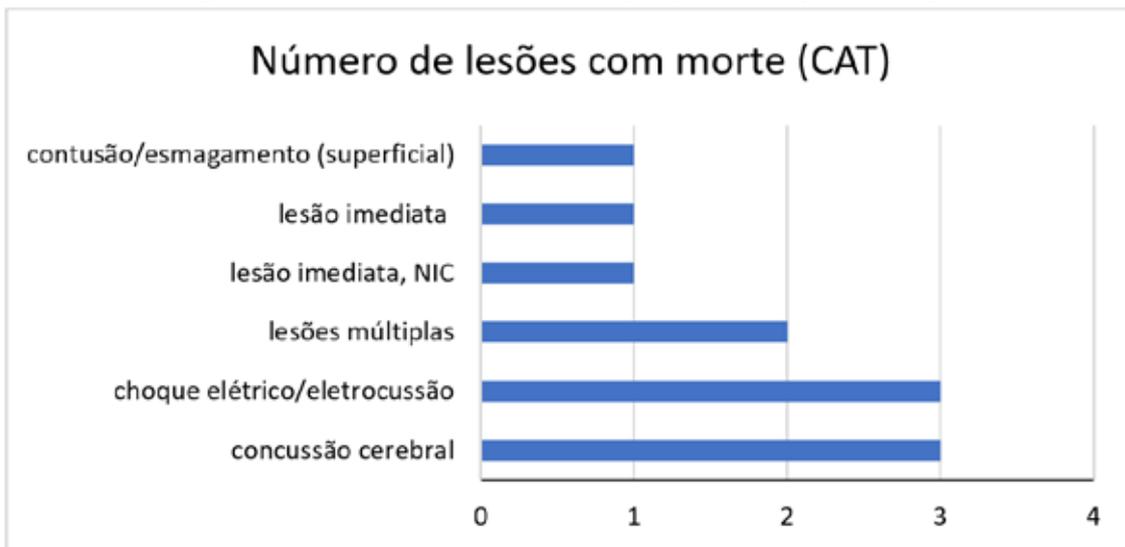
Figura 1 – Lesões mais frequentes em números (CAT) – Distribuição de energia



Fonte: SmartLab (2018).

Quanto as três lesões mais frequentes, que culminaram em morte, estiveram relacionadas à concussão cerebral, choque elétrico e eletrocussão. No total, em 2018 somaram-se 11 mortes apenas na área de distribuição de energia elétrica (Figura 2).

Figura 2 – Número de lesões com morte (CAT) – Distribuição de energia



Fonte: SmartLab (2018).

Em convergência com as estatísticas apresentadas, instituiu-se no Brasil, a partir de 1998, uma política pública de estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e à eficiência no setor elétrico, a partir da aplicação de fração da Receita Operacional Líquida (ROL). Isso significa que os segmentos de Geração, Transmissão e Distribuição de energia reservam, respectivamente, 1%, 1% e 0.5% da ROL, dos quais, respectivamente, 0.4%, 0.4% e 0.2% são geridos pelas empresas do setor energético e regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para a execução de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) (ANEEL, 2015).

Na prática, os valores da P&D ANEEL alocam recursos financeiros e humanos em projetos viáveis e relevantes que possam ser aplicados nos processos e usos de energia, estimulando a criação de novos equipamentos e aprimorando a prestação de serviços que contribuam, dentre outros aspectos, para a segurança do fornecimento de energia elétrica, a independência tecnológica do país, aumento da produtividade e melhoria da saúde, segurança e qualidade de vida no trabalho (SSQV) (ANEEL, 2020).

A partir desse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar métodos e práticas integrativas desenvolvidas em um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) que visam à melhoria da saúde, segurança e qualidade de vida no trabalho (SSQV), por meio de soluções em ferramentas para Eletricistas de Linha Viva (ELV). Para isso, o projeto baseia-se em estudos teóricos e empíricos em Ergonomia, Biomecânica e Cibernética aplicados à tarefa de Poda de Vegetação.

Ergonomia, Biomecânica e Cibernética

Em termos conceituais, a Ergonomia da Atividade é uma disciplina científica que apresenta como objetivo compreender o trabalho e identificar a natureza dos problemas apresentados com foco no trabalho real (GUÉRIN *et al.*, 2001). De caráter interdisciplinar, tal

teoria propõe a adaptação do trabalho ao homem, considerando a variabilidade humana e os processos produtivos como fatores importantes para sua compreensão.

Isso significa que a Ergonomia moderna trabalha um universo holístico de fatores que influenciam o trabalho, tais como os aspectos físicos, cognitivos e organizacionais relacionados ao ambiente específico de seu trabalho, condições psicossomáticas laborais intrapessoais, fatores interpessoais, indumentária e aparelhamento do trabalho, conhecimento, treinamento e experiência do trabalho, antropometria, dentre outras dimensões menores.

O número significativo de dimensões presentes no trabalho e a associação entre tais dimensões, revelam a complexidade da atividade de trabalho com foco na Ergonomia. Essa complexidade não se insere nas dificuldades encontradas pelo operador para a realização da tarefa, mas na interação entre as diferentes variáveis, expressas na distância entre as exigências da tarefa e as possibilidades de ação do operador (GUÉRIN *et al.*, 2001).

Já em sua vertente laboral, a Biomecânica Ocupacional é uma área de atuação relacionada ao estudo das posturas e tarefas do homem no trabalho (IIDA, 1997; WILSON, 2000). Associada à Ergonomia, a teoria busca aplicar as leis físicas da mecânica ao corpo humano, estimando tensões que ocorrem nos músculos e articulações durante as posturas ou movimentos (DUL; WEERDMEESTER, 2004). Análise das propriedades biomecânicas do aparelho locomotor, tais como posturas dinâmicas, mobilidade articular e a força muscular, são alguns dos métodos utilizados pela Biomecânica Ocupacional para determinar os limites e capacidades humanos para a realização de tarefas laborais sem o risco de lesões (VANÍCOLA *et al.*, 2004).

Já o campo da Cibernética, também como área interdisciplinar do conhecimento, preocupa-se com a relação homem-máquina e a transmissão de informações, sejam elas realizadas por meios eletrônicos, mecânicos ou nervosos (CHAVES; BERNARDO, 2020). Dentro deste contexto, a teoria busca compreender a lógica que rege a organização de diferentes sistemas (WIENER, 1968).

Seu interesse está voltado para a conectividade entre sistemas de comunicação complexos de qualquer tipo e como estes processam, reagem e alteram informações. Com o desenvolvimento das Tecnologias de Informática e Comunicação (TIC), a Cibernética tem se voltado para estudos e aplicações em sistemas de simulação digital, aplicação de autômatos, processamento de imagens, realidade virtual, realidade aumentada e outros (PAVELOSKI, 2004).

MÉTODO

O estudo parte de uma Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) gerenciada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A P&D ocorreu a partir da colaboração científico-tecnológico possibilitada pela parceria estabelecida entre a Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) e a *Restart*, indústria desenvolvedora e fabricante de ferramentas para o segmento.

Denominado PA3036 – Ergonomia, Biomecânica e Cibernética: tecnologias para o eletricista do futuro: contínuo aumento de produtividade com melhoria da saúde, segurança e qualidade de vida (SSQV), a P&D desenvolveu-se na estação avançada de distribuição de energia elétrica da CPFL de Americana/SP, com início em 2018.

Em sua execução participaram diferentes interlocutores, a citar a camada demandante, a camada executora acadêmica, a camada executora fabril e o público-alvo da pesquisa.

A camada demandante do projeto foi composta pelo grupo corporativo multiáreas da CPFL, incluindo o Departamento de Saúde da companhia. A camada executora acadêmica esteve representada por três docentes das áreas de Ergonomia, Biomecânica e Cibernética, três pesquisadores de Doutorado, quatro de Mestrado e cinco de Iniciação Científica, pertencentes à Faculdade de Ciências Aplicadas (Unicamp). A camada executora industrial foi composta por dois engenheiros da empresa *Restart*, empresa orientada à inovação, que possui capacidade fabril para prototipagem e soluções industriais no setor elétrico. Já o público-alvo da pesquisa esteve centrado em seis Eletricistas de Linha Viva de estação avançada de distribuição de energia elétrica, funcionários próprios da CPFL, os quais participaram da fase de experimentos do estudo.

Por envolver a aplicação de métodos e práticas em grupo de eletricitistas e outros voluntários, o projeto passou por aprovação do Comitê de Ética, obtendo aprovação por meio do CAAE: 33462920.3.0000.5404.

Para situar a proposta do P&D em termos de inovação em âmbito nacional e internacional, foram realizados estudos teórico-empíricos com vistas à busca de melhores práticas científico-industriais relacionadas à Ergonomia, Biomecânica e Cibernética no setor elétrico.

Primeiramente as investigações deram-se por meio de revisão bibliográfica (MARCONI; LAKATOS, 2004) de livros, artigos, teses e dissertações, dos últimos 20 anos, sobre o tema Saúde, Segurança e Qualidade de vida (SSQV), inovação e setor elétrico. Realizou-se, também, estudos de anterioridade na Plataforma *On-line* da ANEEL sobre pesquisas de P&D realizadas no setor.

Associado a tais estudos, efetuou-se visitas técnicas internacionais a fim de averiguar práticas modernas incorporadas no setor elétrico e, especificamente, no trabalho de Eletricistas de Linha Viva. As visitas ocorreram em 2018 na Itália, no Congresso Internacional da Associação de Ergonomia (IEA), na França, no Conservatório Nacional de Artes e Ofícios (CNAM), na Alemanha, na Avaacon, Concessionária de Energia Elétrica do país, e no *Fraunhofer*, Instituto de Operações Industriais e Automação, maior organização de pesquisa orientada para a aplicação da Europa.

Posteriormente, o projeto se desenvolveu a partir da aplicação metodológica da Ergonomia, Biomecânica e Cibernética, centrada na tarefa de Poda de Vegetação, atividade elencada pelos Eletricistas como crítica em termos de dificuldade, duração e frequência. Também foram empregados para coleta e análise de dados o sistema *Dassault* – módulo *Delmia* do *3DExperience* –, com a finalidade de modelamento 3D, sistema de *Motion Capture* para aquisição de dados cinemáticos baseado em videogrametria, e a ferramenta *Rapid Upperlimb Assessment* (Rula) para levantamento e análise de desordens muscoesqueléticas de membros superiores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os primeiros resultados do P&D, associados à revisão de literatura sobre o tema, demonstram que ferramentas de suporte nas áreas de Ergonomia, Biomecânica e Cibernética são aplicadas majoritariamente de forma segmentada relacionadas à manufatura, não sendo visualizadas aplicações integradas. Já quanto à revisão de produções no banco de dados P&D ANEEL, apesar de serem encontradas citações específicas ao termo Ergonomia, não foram

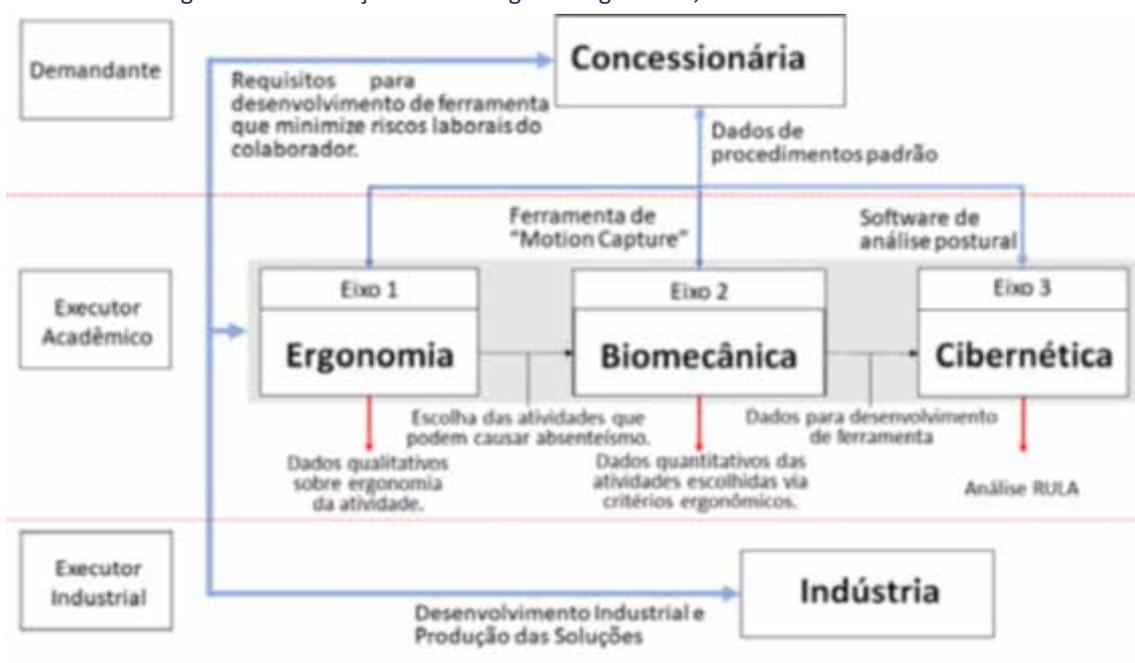
verificadas até o momento iniciativas integrando Ergonomia, Biomecânica e Cibernética para o desenvolvimento de ferramentas de apoio às atividades do Eletricista de Linha Viva, associadas à Saúde, à Segurança e à Qualidade de vida (SSQV).

Os resultados que se seguem descrevem as etapas que compõem o desenvolvimento do projeto quanto aos métodos e práticas empregados na articulação entre a Ergonomia, a Biomecânica e a Cibernética, e as constatações preliminares identificadas até o momento.

Métodos e práticas integrativas em Ergonomia, Biomecânica e Cibernética

Os resultados deste estudo apresentam os métodos e práticas integrativas a partir da Ergonomia, da Biomecânica e da Cibernética no P&D. O aspecto de cunho operacional é apresentado na Figura a seguir.

Figura 3 – Articulação metodológica – Ergonomia, Biomecânica e Cibernética



Fonte: Base de dados da pesquisa.

A Figura identifica as interações contínuas entre as três camadas de execução do P&D, correspondentes à CPFL (demandante), Faculdade de Ciências Aplicadas – FCA da Unicamp (executora acadêmica) e *Restart* Brasil (executora industrial).

O esquema operacional tem início com a camada demandante por meio da necessidade de atuação com aspectos relacionados ao SSQV no trabalho. A partir de entrevistas semiestruturadas individuais e coletivas com gerentes multiáreas da companhia, identificou-se que o P&D se basearia na obtenção de soluções em ferramentas para Eletricistas de Linha Viva (ELV), as quais pudessem contribuir para minimizar os riscos presentes na execução das tarefas.

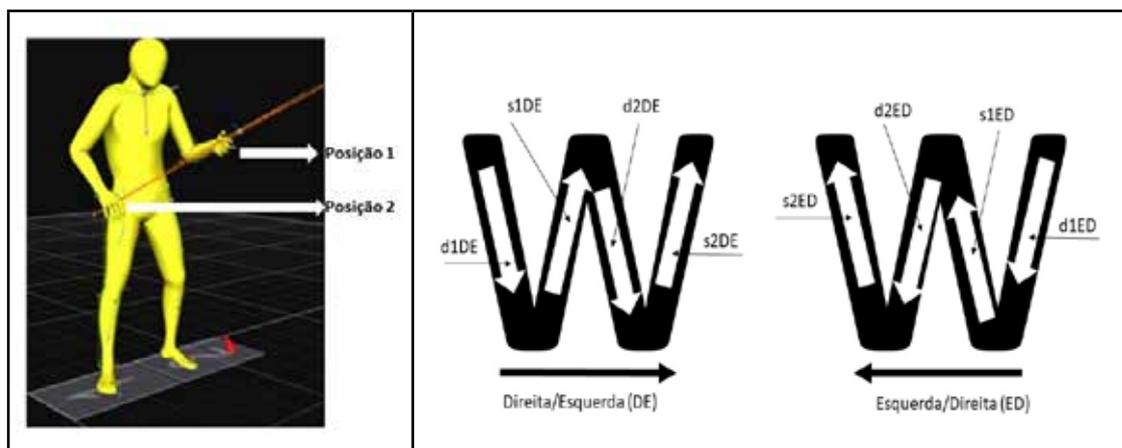
Ao identificar o produto do projeto, a camada operacional acadêmica partiu para a investigação da tarefa foco do estudo por meio da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) (GUÉRIN *et al.*, 2001).

A análise, de cunho qualitativo, permitiu identificar, junto aos eletricitistas em entrevista coletiva, que a tarefa de Poda de Vegetação apresentava-se crítica em termos de dificuldade, duração e frequência de execução. A partir daí, realizou-se observações globais e abertas da tarefa, registros de imagens e vídeos e confrontações, bem como entrevistas individuais e coletivas na área administrativa da estação avançada para observação do contexto organizacional corporativo.

A partir do conteúdo gerado pelo eixo Ergonomia acerca da tarefa, um conjunto de protocolos foi desenvolvido integralmente a fim de que o eixo Biomecânica realizasse a coleta de dados para a obtenção de variáveis cinemáticas relativas aos movimentos realizados pelos eletricitistas em ambiente controlado.

Para a coleta de dados, solicitou-se que um voluntário executasse a tarefa de poda de vegetação, utilizando a serra hidráulica em ambiente controlado. A ferramenta empregada foi uma serra para podar vegetações fabricada pela Greenlee®, que se apresentava com 1,90 metro comprimento e 4,2 quilogramas de massa. O voluntário foi orientado a realizar uma sequência de movimentos que abrangesse parte de movimentos que ocorrem durante uma poda de vegetação com serra hidráulica: corte da direita para a esquerda e vice-versa; de cima para baixo e vice-versa. Esta sequência incidiu em uma movimentação que se assemelhava à letra “W” (Figura 4) (BENTO DA SILVA *et al.*, 2019).

Figura 4 – Empunhadura adotada pelos voluntários e descrição do movimento em W



Fonte: Base de dados da pesquisa.

Para obtenção dos dados cinemáticos utilizou-se o sistema *Optitrack*® (12 câmeras prime 17W, frequência de aquisição de 240 Hz). As câmeras foram posicionadas em tripés, possibilitando o enquadramento de todo o volume da situação simulada. A suavização dos dados foi realizada com o filtro digital *Butterworth*, de quarta ordem, e frequência de corte de 10 Hz. Para a obtenção dos segmentos do corpo humano utilizou-se o modelo antropométrico proposto por Leardini *et al.* (2007, 2011), composto por 57 marcadores, posicionados em regiões anatômicas para determinar variáveis antropométricas para a determinação de variáveis cinemáticas (AMADIO; SERRÃO, 2011).

A partir destes protocolos, o modelo de corpo humano foi construído a partir de treze corpos rígidos articulados por juntas esféricas ideais (cabeça, tórax, pelve, braços, antebraços,

coxas, pernas e pés), com três graus de liberdade de rotação em cada articulação. Os ângulos articulares foram calculados por meio do *software* Visual3d®.

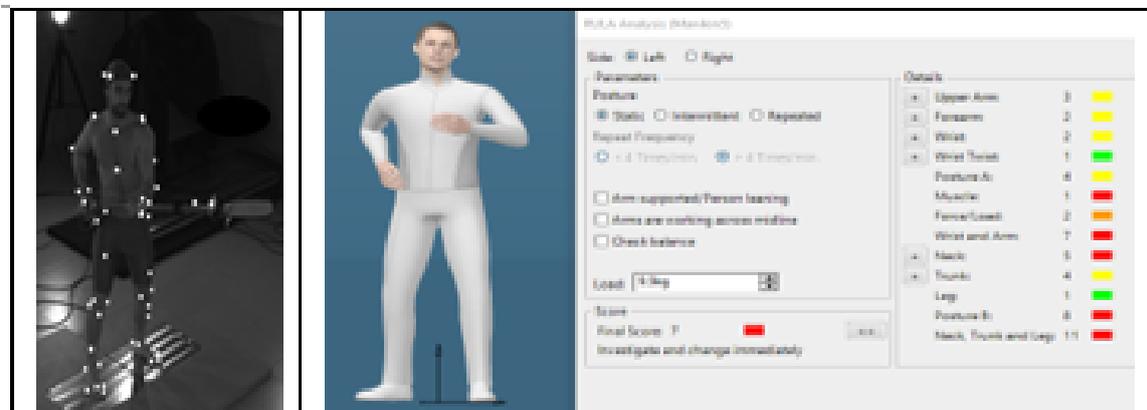
A representação do corpo humano e as orientações de membros superiores (WU *et al.*, 2005) e inferiores (WU *et al.*, 2002) seguiram as indicações da Sociedade Internacional de Biomecânica (ISB). A obtenção dos dados cinéticos deu-se por meio da utilização de duas plataformas de força portáteis Kistler® modelo 9286B. Estes dados foram tratados em ambiente matlab® e filtrados no Visual3D® com o filtro digital *Butterworth* de quarta ordem, e frequência de corte de 5 Hz (PIETRO *et al.*, 1996; KOLTERMANN *et al.*, 2018).

Com os dados quantitativos originados da cinemetria e com o uso das imagens obtidas, o eixo Cibernética aplicou o protocolo Rapid Upper Limb Assessment (Rula), visando à análise de posturas críticas. Para fins de organização, as posturas críticas foram definidas em Poda Baixa, Poda Média e Poda Alta, originado do movimento em W.

As atividades foram esboçadas na ferramenta Delmia, presente no módulo de simulação ergonômica do software 3D Experience da Dassault Systèmes®, em que foram considerados os pesos dos EPs do ELV, as indumentárias e a serra hidráulica, que totalizaram 9,5 quilogramas. Em seguida, aplicou-se o protocolo Rula (MCATAMNEY; CORLETT, 1993), o qual avaliou e realizou um diagnóstico musculoesquelético quantitativo estático dos membros superiores do trabalhador.

A Figura 5 detalha, à esquerda, a simulação de um dos movimentos em W realizados em laboratório, e, à direita, a simulação do mesmo movimento inserida no Delmia com análise Rula.

Figura 5 – Simulação do movimento em laboratório e no sistema Delmia com análise Rula



Fonte: Base de dados da pesquisa.

As análises realizadas a partir do Eixo Biomecânica e Cibernética (como representado na Figura 1) tornaram-se fundamentais para que a *Restart* Brasil obtivesse dados para o desenvolvimento das ferramentas, produto do P&D, pois, a partir daí, estiveram identificadas as principais posturas críticas envolvidas nos movimentos da tarefa de Poda de vegetação com serra hidráulica, simuladas nos movimentos em W quanto à Poda Alta, Média e Baixa.

Como um projeto que ainda está em fase de andamento, os próximos passos estarão centrados na aplicação da metodologia estabelecida a partir dos Eixos Biomecânica e Cibernética, no Centro de Treinamento da CPFL. Os Eletricistas de Linha Viva deverão simular as etapas práticas supradescritas realizadas com os voluntários, uma vez que, após o desenvol-

vimento das ferramentas para a tarefa de Poda de Vegetação, novos experimentos serão realizados a fim de avaliar se houve melhora biomecânica quanto às posturas e movimentos executados na tarefa.

CONSTATAÇÕES PRELIMINARES

As constatações preliminares permitem identificar complexidades presentes no trabalho de Eletricistas de Linha Viva, associadas à variabilidade de situações que a atividade de poda de vegetação exige e as implicações físicas cognitivas e organizacionais do trabalho.

As justificativas estão relacionadas primeiramente às condições impostas pela própria atividade, considerando os locais de execução da tarefa – zonas urbanas ou rurais, a diversidade da composição de árvores, galhos e troncos – de diferentes tamanhos e espessuras –, a interferência de ruídos, vibrações da serra hidráulica, características do caminhão, alcance do cesto aéreo, dentre outros.

Quanto às implicações relativas aos aspectos físicos, constatou-se que a atividade exige trabalho muscular estático de membros inferiores derivados do posicionamento em pé e de membros superiores, como braços, ombros, pescoço e tronco.

Observou-se que manter os braços permanentemente estendidos ou elevados acima do nível do ombro é uma postura frequente e repetitiva. Isso também ocorre com os movimentos de pescoço e tronco. Atenta-se, na tarefa de poda de vegetação, ainda, para a repetitividade dos membros superiores como sustentação da serra hidráulica e flexão dos dedos para acionamento do gatilho.

A complexidade das tarefas realizadas pelos ELV traz ainda uma demanda cognitiva importante para observação das estruturas, percepção de risco e tomadas de decisão quanto à sequência de operações a realizar baseadas nas especificações da atividade, competência e experiência técnica, bem como nas questões de segurança.

Na atividade de poda de vegetação em específico, o esforço cognitivo se dá por conta dos elementos que precisam ser compatibilizados, como a variedade da vegetação; necessidade de podar sem abater a árvore; o cuidado com a queda de galhos na casa dos consumidores, pedestres e no próprio material de trabalho; identificar melhor maneira de posicionar o caminhão; decidir entre as diversas maneiras de manusear a serra; e cuidado constante com a fiação elétrica ao redor.

Em termos organizacionais quanto à dinâmica do trabalho, até o momento desta pesquisa a companhia solicitava a realização de Poda de Vegetação por, no mínimo, três dias na semana, e esse número, nas ocasiões observadas, chegou a cinco, fator de incidência de riscos severos associados à frequência da tarefa e duração dos movimentos. Quanto à pressão por tempo, no entanto, observa-se que os Eletricistas de Linha Viva, nas condições estudadas, possuem autonomia de decisão sobre o tempo que dispõem para realização das atividades.

Com a modelagem humana digital por meio do sistema Dassout (*software* Delmia) e tendo como referência o Rapid Upperlimb Assessment (Rula), observou-se que a tarefa de poda média apresentou valores angulares maiores durante rotação cervical. Em relação aos movimentos de Poda Alta e Baixa, os maiores valores de amplitude angular durante a rotação (direita para esquerda) apareceram nos segmentos de tronco e pelve. Ao considerar os

segmentos dos membros inferiores, observou-se pouquíssima variação angular, sugerindo que os mesmos permaneceram parados.

Considerando-se o conjunto de membros superiores e inferiores, os movimentos de Poda Alta e Poda Média apresentaram o mesmo *score*. Já a Poda Baixa mostrou um valor inferior relativo. Quando, no entanto, foram explorados separadamente membros superiores e inferiores, observou-se que o movimento de Poda Alta possui o maior *score* para membros superiores. Em valores decrescentes, ocorre uma amplitude angular maior durante a Poda Alta, em seguida Poda Média e Poda Baixa para ambos os lados em relação à posição anatômica.

O conjunto de resultados preliminares ofereceram base para que a camada executora industrial possa dar sequência ao P&D no desenvolvimento de soluções e produtos relacionados às problemáticas identificadas pela camada executora acadêmica.

CONCLUSÕES

Neste artigo foram apresentadas metodologias e práticas integrativas desenvolvidas em um projeto de P&D que visa ao aumento da produtividade e à melhoria da saúde, segurança e qualidade de vida no trabalho (SSQV) por meio de soluções em ferramentas para Eletricistas de Linha Viva (ELV).

Os estudos teóricos e empíricos em Ergonomia, Biomecânica e Cibernética aplicados à tarefa de Poda de Vegetação, realizados até o momento, apresentaram o desenvolvimento, encadeamento e integração das áreas do conhecimento em termos metodológicos e de aplicação para os Eletricistas de Linha Viva da Companhia elétrica estudada, sobretudo quanto ao uso e incorporação de softwares e plataformas tecnológicas em *Motion Capture System* e Simulação 3D.

Os resultados preliminares do projeto seguem na apresentação de análises referentes à tarefa de Poda de Vegetação, revelando, primeiramente, a complexidade do trabalho executado por Eletricistas de Linha Viva em decorrência da variabilidade das situações de trabalho e implicações físicas cognitivas e organizacionais do trabalho.

O *score* obtido por meio da medição, tendo como base o Rula, corrobora os resultados encontrados pelo eixo da Biomecânica, demonstrando variação angular nos segmentos da cervical, tronco e pelve durante as três situações (poda alta, média e baixa). Em relação aos segmentos dos membros inferiores, os resultados também indicam pouca movimentação durante as tarefas.

Consideram-se como fatores limitadores da pesquisa a necessidade de distanciamento dos pesquisadores à situação real de trabalho e à impossibilidade de comunicação com os eletricitistas durante a execução das tarefas em decorrência dos riscos oferecidos pelo ofício.

Embora, no entanto, o projeto ainda esteja em andamento, identifica-se que as inovações proporcionadas pelo P&D rompem com métodos e práticas tradicionais ao propor a integração das três áreas de conhecimento e seus usos por meio de plataformas originais aplicadas ao setor elétrico. Para além disso, os resultados preliminares supõem o potencial industrial, científico e tecnológico do projeto, que podem culminar em aumento da produtividade e melhoria na saúde, segurança e qualidade de vida no trabalho (SSQV), com foco no P&D. Ainda

assim, espera-se que futuras investigações possam ser realizadas, a fim de que contribuições científicas sobre o tema possam ser ampliadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao grupo CPFL pelo apoio técnico e financeiro mediante o Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento PD-00063-3036/2018 com recursos do Programa de P&D da ANEEL.

REFERÊNCIAS

AMADIO, A. C.; SERRÃO, J. C. A biomecânica em educação física e esporte. *Rev. Bras. Educ. Fís. Esporte*, São Paulo, v. 25, n. spe, p. 15-24, dez. 2011.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica*. 2020. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d/-/asset_publisher/ahiml6B12kVf/content/regulamentacao-vigente/656831?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fprograma-de-pd%3Fp_id%3D101_INSTANCE_ahiml6B12kVf%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D3. Acesso em: 26 ago. 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica – P&D no Setor Elétrico Programa de P&D regulado pela ANEEL. 2015. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656831/14942679/ANEEL-PeD-Coteq-Junho2015.pdf/e9ef3872-5d94-4077-a057-0986f7f07b0e> Acesso em: 26 ago. 2020.

BENTO DA SILVA, S.; GEMMA, S. F. B.; BRITTES, J. L. P.; JUNIOR, E. L.; MISUTA, M. S. Variabilidade do cm em simulação com motopoda para eletricitista de linha viva: estudo preliminar. CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 18., 2019. *Anais [...]*. Manaus, 2019.

CHAVES, V. H.; BERNARDO, C.; H. Norbert Wiener: história, ética e teoria. *História*, São Paulo, v. 39, 2020.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. *Ergonomia prática*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

GUARDIA, M. L.; LIMA, F. Cooperação e relações de confiança: a construção da segurança e da saúde no trabalho de alto risco. *Laboreal*, Porto, v. 15, n. 1, p. 1-23, 2019.

GUÉRIN, F.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURAFFOURG, J.; KERGUELEN, A. *Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. 4. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1997.

KOLTERMANN, J.; GERBER, M.; BECK, H.; BECK, M. Validation of Various Filters and Sampling Parameters for a COP. *Analysis. Technologies*, v. 6, n. 2, 2018.

LEARDINI, A.; BIAGI, Fabio; MERLO, Andrea; BELVEDERE, Claudio; BENEDETTI, Maria Grazia. Multi-segment trunk kinematics during locomotion and elementary exercises. *Clinical Biomechanics*, v. 26, n. 6, p. 562-571, 2011.

LEARDINI, A.; SAWACHA, Zimi; PAOLINI, Gabriele; INGROSSO, Stefania, NATIVO, Roberto Nativo, BENEDETTI, Maria Grazia. A new anatomically based protocol for gait analysis in children. *Gait and Posture*, v. 26, n. 4, p. 560-571, 2007.

MCATAMNEY, L.; CORLETT, E. N. Rula: a survey method for the investigation of work – related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, v. 24, n. 2, p. 91-99, 1993.

MORIGUCHI, C. S.; ALENCAR, J. F.; MIRANDA-JUNIOR, L. C.; COURY, H. J. C. G. Sintomas musculoesqueléticos em eletricitistas de rede de distribuição de energia. *Rev. Bras. Fisioter.*, v. 13, n. 2, p. 123-129, 2008.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. V. *Metodologia científica*. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

MARTINEZ, M. C.; LATORRE, Maria R. D. O. Saúde e capacidade para o trabalho de eletricitários do Estado de São Paulo. *Ciência Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 1.061-1.073, 2008.

OLIVEIRA, K. P.; MARTINS, M. F.; COSTA, J. A. Prevenção de dores osteomusculares em eletricitistas: uma análise ergonômica. *Revista Científica da Faminas*, v. 6, n. 2, p. 107-121, 2010.

PAVELOSKI, A. Subsídios para uma teoria da comunicação digital. *Revista Textos de la Cibersociedad*, 4., 2004. Disponível em: <http://bocc.ufp.pt/pag/paveloski-alessandro-teoria-comunicacao-digital.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.

SMARTLAB. *Observatório de segurança e saúde no trabalho 2018*. Disponível em: <https://smartlabbr.org/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

VANÍCOLA, M. C.; MASSETTO, S. T.; MENDES, E. F. Ocupacional biomechanics: a literature review. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, v. 2, n. 3, p. 38-44, 2004.

WIENER, N. *Cibernética e sociedade: o uso humano de seres humanos*. Tradução José Paulo Paes. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 1968.

WILSON, J. R. Fundamentals of ergonomics in theory and practice. *Applied Ergonomics*, v. 31, n. 6, 557-567, 2000.

WU, G.; SIEGLER, S.; ALLARD, P.; KIRTLEY, C.; LEARDINI, A.; ROSENBAUM, D.; WHITTLE, M.; D’LIMA, D. D.; CRISTOFOLINI, L.; WITTE, H.; SCHMID, O.; STOKES, I. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion – part I: ankle, hip, and spine. *Journal of Biomechanics*, v. 35, n. 4, p. 543-548, 2002.

WU, G.; FRANS, C. T.; VAN DER HELM, H. E. J.; VEEFER, D.; MAKHSOUS, M.; ROY, P. V.; ANGLIN, C.; NAGELS, J.; KARDUNA, A. R.; MCQUADE, K.; WANG, X. "Isb Recommendation On Definitions Of Coordinate Systems Of Various Joints For The Reporting of Human Joint Motion- Part Ii: shoulder, elbow, whist and hand". *Journal of Biomechanics*, v. 38, n. 5, p. 981-992, 2005.

Todo conteúdo da Revista Desenvolvimento em Questão está
sob Licença Creative Commons CC – By 4.0