



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA

Revista Ação Ergonômica

www.abergo.org.br



ESTRATÉGIAS PARA TOMADA DE DECISÃO UTILIZADAS POR OPERADORES DE SERVIÇO EMERGENCIAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Rosemary Cavalcante Gonçalves – rosecavalcante.st@gmail.com – Universidade de Fortaleza
Manoel Maria Gaia Junior - jrgaia26@gmail.com - Universidade de Fortaleza
Regina Heloisa Maciel - reginaheloisamaciel@gmail.com - Universidade de Fortaleza

Resumo

A operação de sistema de distribuição elétrica em salas de controle é uma tarefa que exige habilidades cognitivas especializadas para atuar em ambientes complexos sob condições dinâmicas e de incertezas. O estudo tem como objetivo analisar a tomada de decisão de operadores no serviço emergencial de um centro de controle de sistema de distribuição de energia elétrica, de modo a identificar componentes de expertise para gerar intervenções de treinamento. A estratégia utilizada para eliciar conhecimento dos profissionais *experts* foi o Método de Decisão Crítica (MDC), que possibilita compreender como são tomadas decisões em situações desafiantes e não rotineiras. Foram entrevistados quatro operadores. Os resultados do MDC mostraram 14 pontos de decisão, em que 43% das decisões foram do tipo intuitivo, 43% baseadas em regras e 14% analíticas. A imprevisibilidade associada às ameaças de risco à segurança e pressão de tempo tornam a atividade complexa, requerendo agilidade no processo de tomada de decisão, o que caracteriza a abordagem de decisão naturalista. Como conclusão, observa-se que o MDC é um método válido para abordar estratégias de tomada de decisão por profissionais peritos a fim de desenvolver desenhos instrucionais.

Palavras-chave: Método de Decisão Crítica, Tomada de Decisão, Centro de Controle.

Introdução

As salas de controle são locais em que as pessoas realizam atividades de monitoramento e supervisão de sistemas complexos. Os operadores são retirados do ambiente real e administram o sistema por meio de *displays*, sensores e canais de comunicação. Os avanços tecnológicos em salas de controle de sistemas elétricos têm disponibilizado cada vez maior quantidade de informação com excessivo número de telas, mapas e alarmes, contribuindo para o aumento das exigências cognitivas devido à maior complexidade do trabalho (ALMEIDA; KAPPEL; GOMES, 2007; FRANCISCO; RODRIGUES, 2006). Aspectos da tarefa envolvem lidar com as perturbações do sistema, que requerem uma série de processos cognitivos, como percepção, planejamento, tomada de decisão e controle da ação. Estas são habilidades que os operadores necessitam adquirir para se tornarem proficientes no desempenho da função (SHEPHERD, 2004). Neste sentido, a análise da tarefa cognitiva é uma abordagem útil que pode servir para a aquisição e modelagem de conhecimentos específicos utilizados pelos operadores no trabalho (PATERNÓ, 2000).

O artigo apresenta resultados da análise da tarefa cognitiva, com foco no processo de decisão dos operadores de um centro de controle de sistema de distribuição de energia elétrica. A tarefa analisada foi o atendimento emergencial, processo em que os operadores gerenciam ocorrências em tempo real com a finalidade de restabelecer o fornecimento de energia elétrica para os consumidores. As ocorrências emergenciais caracterizam-se por serem imprevistas, não programadas, podendo ocorrer a qualquer hora ou lugar, e requerem recuperação do serviço no menor tempo possível e de forma segura (COELCE, 2012). Os operadores realizam o trabalho em sala de controle, por meio de telas de computadores, sistemas de comunicação e softwares específicos, bem como coordenam equipes de eletricitistas em campo (GONÇALVES et al., 2014).

O estudo descreve o uso do Método de Decisão Crítica (KLEIN; CALDERWOOD; MACGREGOR, 1989) para examinar como os operadores tomam decisões quando situações críticas ocorrem em contexto real. Buscou-se identificar componentes de *expertise* para subsidiar a construção de cenários para treinamento, favorecendo o desenvolvimento de habilidades pelos operadores novatos ou menos experientes.

A abordagem de decisão naturalista

O campo de estudo sobre a tomada de decisão naturalista (TDN) aborda as decisões que são feitas em ambiente naturais complexos. Em contextos reais, decisões não são um fim em si, elas são um meio para alcançar um objetivo maior. As decisões estão inseridas em ciclos de tarefas que consistem em definir o problema, compreender qual solução é mais razoável, empreender ação para alcançar o objetivo e avaliar os efeitos desta ação. O êxito da decisão dependerá tanto das características da tarefa quanto do conhecimento e experiência dos tomadores de decisão (ORASANU; CONNOLLY, 1992).

A TDN implica em um estilo de decisão intuitiva, que diferencia-se das estratégias analíticas de decisão. O processo analítico refere-se a analisar a situação, gerar várias opções, avaliar e comparar alternativas e, então, escolher o curso de ação a seguir, o que requer mais tempo (SIMPSON, 2001). O processo intuitivo envolve baixo controle cognitivo, rapidez no processamento de dados e reduzida percepção consciente do processo (HAMMOND et al., 1984). A abordagem intuitiva é mais apropriada em ambientes naturais (SIMPSON, 2001; KLEIN, 1998).

Um modelo de TDN foi desenvolvido por Klein, Calderwood e Clinton-Cirocco (1986), denominado “tomada de decisão da primeira opção identificada” (TDPOI). O modelo descreve que quando as pessoas necessitam tomar decisões, elas fazem rapidamente associações para identificar padrões que aprenderam. Em geral, os decisores procuram a primeira opção funcional que conseguem encontrar, não tendo que criar uma variedade de alternativas para se certificar de qual é a melhor decisão. Eles imaginam a realização da ação por simulação mental para descobrir os pontos fracos e a maneira de evitá-los, sem precisar comparar várias opções. Estas estratégias de decisão mostram serem mais utilizadas do que as estratégias analíticas (KLEIN, 1998).

A abordagem de decisão naturalista contribui para mudar a concepção sobre as decisões humanas, incorporando os avanços da psicologia cognitiva. Amplia a visão do processo de decisão ao incluir estágios anteriores de percepção e reconhecimento de situações, ao mesmo tempo em que põe foco no conhecimento e experiência daqueles que tomam a decisão. Fornece, assim, orientações úteis para o treinamento em tomada de decisão e habilidades cognitivas (KLEIN, 2008).

Materiais e Métodos

Na pesquisa foram utilizados diferentes métodos para propiciar a compreensão do processo de trabalho dos operadores, abrangendo observações no local, análise de

documentos, análise hierárquica da tarefa, análise SHERPA (abordagem sistemática de redução e previsão do erro humano) e Método de Decisão Crítica (MDC).

Neste trabalho, será descrito os resultados obtidos através do emprego do MDC, que se baseia na técnica de incidentes críticos para avaliar a tomada de decisões. O método foi desenvolvido para auxiliar a eliciar conhecimentos sobre comportamentos relacionados ao modelo TDPOI, isto é, decisões que são tomadas a partir do reconhecimento de informações críticas e conhecimento prévio (KLEIN; CALDERWOOD; MACGREGOR, 1989). A condução da entrevista de MDC percorre quatro etapas: (1) identificação de incidentes, (2) verificação da linha do tempo, (3) aprofundamento e (4) questões "o que se?". A cada etapa são realizadas perguntas para aprofundar o relato do incidente (CRANDALL; KLEIN; HOFFMAN, 2006)

Para o estudo do MDC, foram entrevistados quatro operadores do serviço emergencial em rede de distribuição de energia elétrica. O critério de inclusão foi estar no serviço há, pelo menos, três anos e concordar em participar da pesquisa. Inicialmente, os participantes eram solicitados a identificar incidentes ocorridos durante a execução do trabalho que consideraram desafiantes, exigindo o uso de suas habilidades e conhecimentos. Então, o entrevistador junto com o participante escolhiam o incidente que havia influenciado mais fortemente o processo de tomada de decisão. Após, o entrevistado repetia o relato de modo detalhado, explicando o contexto da situação, antecedentes, pessoas envolvidas e demais aspectos relacionados. Com uso de post-it, o entrevistador organizava os acontecimentos descritos em uma linha do tempo, identificando os pontos de decisão, isto é, o momento em que houve uma mudança de compreensão da situação ou que foi realizada uma ação que afetou o curso dos eventos. Ao final, a linha do tempo era revisada e correções podiam ser feitas. O passo seguinte consistia em utilizar a linha do tempo para aprofundamento com a finalidade de esclarecer questões sobre: objetivos, sinais, informações obtidas, tomada de decisão, opções consideradas, procedimentos seguidos, experiência, avaliação da situação, bases de conhecimento, pressão de tempo e modelos mentais. Após, questionamentos "e se" eram feitos, examinando diferenças entre profissionais experientes e novatos e pontos de vulnerabilidade para falhas. Por fim, as entrevistas foram transcritas e analisadas com base em categorias.

Resultados e Discussão

O trabalho dos operadores no serviço emergencial

A tarefa dos operadores no serviço emergencial é gerenciar ocorrências não programadas para restabelecer o fornecimento de energia elétrica. Os operadores recebem as comunicações das ocorrências e determinam providências a serem seguidas pelas equipes de campo, que são compostas por eletricitas. Eles verificam as ocorrências no Sistema de Ajuda à Condução (SAC) encaminhadas pela Central de Relacionamento (CR). O atendimento da ocorrência é feito de acordo com o critério de nível de prioridade, em que a mais elevada envolve situações de risco à vida. A próxima etapa consiste em encaminhar uma equipe de campo ao local da ocorrência com o objetivo de executar o serviço de reestabelecer a energia. Cada operador é responsável por uma região e coordena de 7 a 11 equipes de campo. As equipes são classificadas de acordo com o tipo de serviço que executam, indo do mais simples (por ex., serviços em ramal de residência) até os mais especializados (por ex., fixação ou reposição de poste). Com base no tipo de ocorrência, o operador define a equipe que encaminhará ao local. As informações são repassadas por meio de sistema informatizado e transmitidas de forma on-line para as equipes, que utilizam *tablet* ou *smartphone* como plataforma móvel. Caso necessário, o operador pode se comunicar por celular ou rádio com os eletricitas em campo. Após a conclusão do serviço, é feita a finalização da ocorrência no sistema.

Destaca-se que os operadores gerenciam várias ocorrências ao mesmo tempo, com

monitoramento contínuo em ambiente dinâmico e de incertezas. As operações são realizadas sob forte pressão de tempo decorrente tanto da necessidade de satisfazer os consumidores, como de manter a segurança das pessoas envolvidas. Este contexto condiz com os sistemas complexos, que se caracterizam por situações que evoluem de modo indeterminado ao longo do tempo, incerteza das informações sobre o sistema, quantidade de componentes altamente interconectados e elevado risco com custos associados às consequências das decisões tomadas (WOODS, 1998). A complexidade impõe exigências excessivas para execução das tarefas, exercendo pressão sobre o operador (LIMA et al., 2015).

Análise dos resultados do MDC

Foram relatados quatro incidentes críticos. Dois incidentes estavam relacionados a ocorrência de cabo partido, um a interrupção do fornecimento de energia afetando extensa região, e outro a falha no sistema operacional. Ao todo, foram identificados 14 pontos de decisão. Para análise das estratégias de tomada de decisão, foi empregado o modelo de Flin, Youngson e Yule (2007), que considera quatro métodos: intuitivo (baseado em reconhecimento de padrões); baseado em regras (aplicação de procedimentos operacionais); comparação de opções (escolha racional ou analítica); e criativo (elaboração de novo curso de ação). As análises mostraram que 43% das decisões foram do tipo intuitivo, 43% baseadas em regras e 14% analíticas. Não foi utilizada estratégia criativa nos incidentes citados, o que também não é frequente em outros campos, como na aviação e em cirurgia médica, devido ao ambiente de alta pressão de tempo e risco (FLIN; YOUNGSON; YULE, 2007).

A ênfase na tomada de decisão do tipo intuitiva ou baseada em regras demonstra que os operadores consideram apenas uma opção de cada vez (FLIN; YOUNGSON; YULE, 2007), ao invés de analisarem múltiplas alternativas. Abaixo, são apresentados trechos das falas dos entrevistados com relação ao método de tomada de decisão:

Método de tomada de decisão	Afirmações dos operadores
Intuitiva	<p>“Esse tipo de situação que você tem que tomar decisão rápida”</p> <p>“Porque a gente já vive nesse ritmo de agilizar e priorizar as coisas, é o comum”</p> <p>“É uma situação extrema, não é uma coisa corriqueira, mas que acontece, e que você tem que tomar uma decisão rápida”</p>
Baseada em regras	<p>“E a gente já está tão assim, automatizado disso aí, que o procedimento já vem praticamente na mente da gente, com a prática ele já vem automático”</p> <p>“O que foi decidido foi o seguinte, a gente liga para o supervisor ou quem está no plantão e relata a ele a situação (...) Aí a gente liga para o supervisor pra gente combinar o que é que vai ser feito.”</p>
Analítica	<p>“A gente tem essa harmonia de dialogar durante a ocorrência, para que não haja excesso (<i>de uso de recursos</i>). Se eu tivesse mandado uma quarta equipe, podia ser que essa equipe ficasse parada, sem fazer nada, sem produzir.”</p>

A análise dos dados coletados foi dividida em três categorias: informações/sinais; avaliação da situação e estratégia para resolução do problema.

- Informações/sinais:

A principal fonte de informação para avaliar a criticidade de uma ocorrência é o registro advindo da CR. Se não há detalhamento da informação, podem ocorrer dúvidas sobre a exatidão do registro ou até suspeita quanto à veracidade da gravidade da ocorrência. A não confiança na informação faz com que o operador busque captar mais dados, seja por meio do sistema ou de outras fontes, a fim de certificar-se do curso de ação a ser adotado. Esta busca

por informações adicionais, decorrente da incerteza das informações, requer habilidade para procurar dados de modo eficiente para esclarecer o estado da situação (KLEIN, 1998).

Outras fontes de informação válidas são os sinais sonoros e comunicações provenientes do Centro de Controle de média e alta tensão, bem como os dados obtidos no sistema (ex., horários e localização das equipes, região das ocorrências). Além disto, as equipes de campo repassam informações quando chegam ao local da incidência, comunicando detalhes da situação para o operador. As equipes, assim, funcionam como principal meio de obter informações fidedignas para auxiliar na tomada de decisões. Um dos entrevistados justifica: “para a gente ter essa informação correta de cabo, a mais precisa é a equipe ir ao local, não tem outra, a equipe tem que ir ao local, se não, não tem como a gente saber se o cabo tá quebrado ou não”.

- Avaliação da situação:

Os relatos dos entrevistados mostraram que a experiência anterior foi significativa para a definição do problema e tomada de decisão. Um operador explica: “muitas ocorrências repetidas agrega um pouco mais de conhecimento, mas a ocorrência que você nunca passou, é uma novidade, que no teu *know-how* vai te dar mais vivência”. Por exemplo, um entrevistado relatou que uma situação crítica vivenciada por um colega de equipe que resultou em morte de um transeunte influenciou na avaliação e projeção futura de possíveis consequências da incidência. Neste caso, o reconhecimento de padrões (KLEIN, 1998) ou a existência de modelos mentais – estruturas de conhecimento - ajudam a determinar a informação relevante e formar expectativas sobre estados futuros (ENDSLEY; BOLTÉ; JONES, 2003).

Outro operador descreveu que avaliou a situação como crítica por não ser algo familiar: “porque eu sentia que esse atendimento ia ser diferenciado (...) eu senti pela situação, porque eu nunca tinha pego um caso em que a equipe tivesse se recusado (*a fazer o serviço*)”. Um aspecto básico da tomada de decisão é que pessoas experientes conseguem avaliar a situação, identificando-a como familiar ou típica a fim de estabelecer o curso de ação apropriado (KLEIN, 1998).

Também, influenciaram na avaliação dos operadores a pressão de tempo e a criticidade das situações. Nas duas ocorrências de cabo elétrico rompido, os operadores mostraram preocupação em tomar decisões rápidas para resolver o problema devido ao alto risco envolvido (ex., choque, morte por eletrocussão). Uma das características das decisões naturalistas é que são tomadas sob pressão de tempo e em circunstâncias que envolvem alto risco, isto é, que envolvem graves prejuízos em caso de falha (ORASANU; CONNOLLY, 1993).

- Estratégias de tomada de decisão:

O objetivo principal do operador é conduzir o serviço de restaurar a rede, mantendo a segurança tanto dos clientes quanto da equipe. As principais estratégias utilizadas pelos operadores para a tomada de decisão foram:

- *Buscar informações*: para suprir a necessidade de mais informações sobre a ocorrência, os operadores usam o recurso de ligar para a CR e/ou ligar para o cliente, que se torna um fonte adicional aos dados obtidos pelo sistema, principalmente, quando as informações são imprecisas ou ambíguas.

- *Antecipar problemas*: os operadores adotam estratégias que permitem antecipar possíveis problemas, tais como identificar ocorrências imprecisas ou inexatas, assegurar o repasse de informações detalhadas para pessoas envolvidas, tomar medidas preventivas para dar suporte aos operadores de média e alta tensão.

- *Compartilhar problemas*: diante de situações atípicas, o operador compartilha as dificuldades com os superiores para decisão em conjunto.

- *Estabelecer relação de confiança com as equipes*: o operador busca desenvolver conhecimento mais apurado das equipes de campo por meio de uma boa comunicação, o que favorece a confiabilidade nas informações.

- *Privilegiar a segurança*: em situações que envolvem a segurança física da equipe de campo (ex., risco de assalto), são examinadas alternativas para evitar o risco, como por exemplo, solicitar a guarda da polícia, encaminhar outra equipe para dar suporte ou pedir para o cliente acompanhar a equipe até o local.

- *Dar agilidade ao serviço*: em situações críticas ou que envolvem clientes especiais, com potencial para causar maiores prejuízos, o operador remaneja equipes de outras áreas para possibilitar o atendimento em curto prazo.

- *Estabelecer relação cooperativa com outros setores*: o operador tanto mantém atitude colaborativa com os outros setores como busca auxílio para obter novos recursos a fim de facilitar a resolução de problemas.

- *Evitar desperdício de recursos*: o operador avalia a necessidade de recursos e evita encaminhar maior número de equipes do que o necessário para o local da ocorrência.

Como fator de dificuldade para a tomada de decisão, foi observada reduzida autonomia dos operadores para decidir sobre determinados cursos de ação, havendo cobrança para o cumprimento de procedimentos e a necessidade de consultar os superiores em situações de maior risco.

Quando os entrevistados foram indagados sobre qual seria a provável conduta de um novato ou pessoa menos experiente diante de uma situação semelhante à vivenciada por eles, responderam que o operador novato tenderia a ficar mais tenso diante da criticidade da situação, teria dificuldade para diagnosticar o problema e antecipar ações, buscaria auxílio e orientação com colegas e supervisores e, inclusive, poderia ter conflitos na comunicação com as equipes de campo para fazê-los seguir suas orientações. Como relatou um dos operadores: “se aqui fosse um operador novato talvez ele não tivesse agido com a velocidade que o momento pediu”.

Conclusão

Os resultados mostraram que os operadores gerenciam elevado número de ocorrências que acontecem em contexto dinâmico e de incertezas. A imprevisibilidade associada às ameaças de risco à segurança e pressão de tempo tornam a atividade complexa, requerendo agilidade no processo de tomada de decisão, o que caracteriza a abordagem de decisão naturalista. A análise das entrevistas de MDC revelou um conjunto de estratégias utilizadas por operadores do serviço emergencial quando diante de acontecimentos críticos que combinam, principalmente, métodos intuitivos e baseados em regras. A não evidência de estratégias criativas nos incidentes analisados sugere que o espaço de autonomia para tomada de decisão é reduzido devido aos procedimentos com pouca flexibilidade para criação de novos cursos de ação.

Neste estudo, diversos conhecimentos e habilidades foram identificados para compor o treinamento de novatos ou profissionais pouco experientes, tais como buscar informações, antecipar e compartilhar problemas, estabelecer comunicação eficiente e relações de cooperação, gerenciar objetivos do serviço e da segurança. Atenção especial deve ser dada às condições de pressão de tempo para tomar decisões diante de situações imprevistas. Assim, o método mostrou-se válido para eliciar conhecimentos de peritos, tendo em vista o desenvolvimento de desenhos instrucionais. Contudo, futuros estudos ainda são necessários para aprofundar a análise das estratégias de decisão com a finalidade de facilitar o processo de aprendizagem de habilidades complexas.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, F. R.; KAPPEL, G. B.; GOMES, J. O. Análise ergonômica do trabalho cognitivo dos operadores da sala de controle do COSR-SE. In XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR, Associação Brasileira de Engenharia de Produção. **Anais do Curitiba**, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2007.

COELCE. **Manual de gestão da qualidade da operação técnica**: MGQ-001/2012 R-09. Fortaleza, 2012.

CRANDALL, B.; KLEIN, G.; HOFFMAN, R. R. **Working minds**: A practitioner's guide to cognitive task analysis. Cambridge, MA, MIT Press, 2006.

ENDSLEY, M.R.; BOLTÉ, B.; JONES, D.G. **Designing for situation awareness: an approach to user-centred design**. London: Taylor & Francis, 2003.

FLIN, R.; YOUNGSON, G.; YULE, S. How do surgeons make intraoperative decisions? **Quality Safety Health Care**, n.16, p. 235-239, 2007.

FRANCISCO, L. G.; RODRIGUES, P.H. Análise cognitiva do trabalho: estudo de caso com operadores do sistema de baixa tensão da Light S.A. In XXVI ENEGEP, Fortaleza, CE. **Anais do Fortaleza**, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2006.

GONÇALVES, R.C.; MACIEL, R., MAIA, L, NASCIMENTO, A., CANUTO, K. Electric system control room operators: Cognitive task analysis and human error. In: P. AREZES; P. CARVALHO (Eds.). **Advances in Safety Management and Human Factors**: Proceedings of 5th AHFE Conference 19-23 July 2014, Kraków, Poland. Cracovia, AHFE, 2014.

HAMMOND, K.R.; HAMM, R.M.; GRASSIA, J; PEARSON, T. The relative efficacy of intuitive and analytical cognition: a second direct comparison. **Report n° 252**. Boulder: University of Colorado: Center for Research on Judgment and Policy, 1984.

LIMA, F.P.A., DINIZ, E.H., ROCHA, R., CAMPOS, M. M. Barragens, barreiras de prevenção e limites da segurança. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, 2015; 40(132):118-20.

KLEIN, G. **Fontes do poder: o modo como as pessoas tomam decisões**. Lisboa: Instituto Piaget, 1998.

KLEIN, G. Naturalistic Decision Making. **Human Factors**, vol. 50, n. 3, p. 456-460, 2008.

KLEIN, G.; CALDERWOOD, R.; CLINTON-CIROCCO, A. Rapid Decision Making on the fire ground. In: PROCEEDINGS OF THE HUMAN FACTORS SOCIETY - 30TH ANNUAL MEETING, 1986, California. **Proceedings** California: Sage Publications, 1986. p. 576-580.

KLEIN, G.; CALDERWOOD, R.; MACGREGOR, D. Critical Decision Method for eliciting knowledge. **IEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, vol. 19, n. 3, pp. 462-472, 1989.

ORASANU, J.; CONNOLLY, T. The reinvention of decision making. In: KLEIN, G.; ORASANU, J.; CALDERWOOD, R.; ZSAMBOK, C.E. (Eds.). **Decision making in action: models and methods**. New Jersey: Ablex Publishing Corporation, 1993. Cap. 1, p. 3-20.

PATERNÒ, F. **Model-based design and evaluation of interactive applications**. London: Springer-Verlag, 2000.

SHEPHERD, A. HTA as a framework for task analysis. In: J. ANNETT; N. A. STANTON (Eds.). **Task analysis**. London, Taylor & Francis, 2004. Cap. 2, p. 9-24.

SIMPSON, P.A. Naturalistic Decision Making in Aviation Environments. **Report n° DSTO-GD-0279**. Australia: DSTO Aeronautical and Maritime Research Laboratory, 2001.

WOODS, D. Coping with complexity: the psychology of human behaviour in complex systems. In: GOODSTEIN, L.P.; ANDERSEN, H.B.; OLSEN, S.E (Eds.). **Tasks, errors and mental models**. London: Taylor & Francis, 1998, p. 128-148.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Companhia Energética do Ceará (Coelce) que financiou a pesquisa com recursos do programa P&D da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), Resolução No. 504/2012 e Lei 9.991/2000.