

# Proposal for a Methodology Based on Electricity Consumption to Analyze Social Isolation during the COVID-19 Pandemic: Case Study

Paulo Sausen, Mauricio de Campos, Airam Sausen, Manuel Binelo and Moises dos Santos

**Abstract**—The first occurrences of Covid-19 disease caused by the coronavirus SRA-CoV-2, appeared in the region of Wuhan (China) expanding rapidly around the world. Based on this, the World Health Organization characterized this situation as a pandemic. The solution adopted by the health authorities was to apply social isolation. Thus, one of the challenges is the correct dimensioning and quantification of compliance with these measures. This paper presents a new methodology to evaluate the social isolation, considering the consumption of electric energy of the population of a medium-sized city, located in the northwest of the state of Rio Grande do Sul (RS), Brazil. The methodology consists of the combination of a data set on electricity consumption in the municipality, in which energy consumption ranges are associated with a low, medium or high degree of social isolation. An Artificial Neural Network (ANN) is trained to evaluate the degree of social isolation practiced by the its population. The data to validate the performance of the proposed methodology are generated from real data provided by the municipality's energy utility. From the simulations results the ANN immediately identified the level of social isolation practiced by the people of the city using only the information on the population's electricity consumption.

**Index Terms**—Social Isolation, Energy Demand, Artificial Neural Network, COVID-19.

## I. INTRODUÇÃO

O dia 17 de novembro de 2019 é, segundo o jornal South China Morning Post de Hong Kong, com base nos dados do governo chinês, a data da primeira infecção conhecida como COVID-19, doença causada pelo coronavírus SRA-CoV-2 [1]. Esse novo coronavírus surgiu primeiramente na região de Wuhan, na China, e tem causado sérios problemas de saúde, especialmente de ordem respiratória nos infectados [2], [3]. Desde dezembro de 2019, começaram a surgir vários casos de pneumonia de origem desconhecida naquela região, e a partir de uma investigação mais criteriosa foi constatado que as pessoas infectadas tiveram, de alguma forma, contato direto ou indireto com a região de Wuhan. Então, os casos dessa enfermidade começaram a ser relacionados, e Wuhan passou a ser definida como epicentro inicial da pandemia que todos conhecem atualmente como COVID-19.

Em fevereiro de 2020, diversos focos epidêmicos da COVID-19, alguns sem origem rastreável, foram identificados

e se expandiram rapidamente pela Europa, América do Norte, Ásia e Oriente Médio, com os primeiros casos confirmados sendo notificados nos países africanos e latino-americanos [4]. Com base em "níveis alarmantes de disseminação e severidade", em 11 de março de 2020, o Diretor-Geral da OMS (Organização Mundial da Saúde) caracterizou a situação da COVID-19 como uma pandemia. Em 16 de março de 2020, o número de casos da COVID-19, fora da China, havia aumentado de maneira drástica e o número de países, estados e territórios afetados que relatavam infecções à OMS era de 143 [4].

Pesquisas constataram que o período de incubação deste vírus é de 3 a 7 dias em geral, e foi sugerido 14 dias como um período de quarentena para garantir a completa eliminação do mesmo em um organismo saudável [5], [6]. Uma importante característica desta doença, é que aproximadamente 80% das pessoas contaminadas com a COVID-19 possuem infecção leve ou permanecem assintomáticas [7], potencializando o alto poder de transmissão do vírus.

Após adquirir a doença, em torno de 15% dos contaminados necessitam de algum tipo de tratamento hospitalar [7] e um percentual destes pode ter seu quadro agravado, necessitando internação em Unidades de Tratamento Intensivo (UTIs) e uso de respiradores mecânicos. O tempo de permanência destes pacientes nas UTIs em muitos casos ultrapassam 15 dias, o que tem levado vários governos, em diversos países, a decretarem o colapso em seus sistemas de saúde.

Em decorrência de todos estes fatos, a solução adotada por diversas autoridades sanitárias de todo o mundo, como forma de minimizar os efeitos a curto prazo desta pandemia e evitar um maior número de infectados, foi aplicar a prática do isolamento social, que consiste basicamente na restrição, ao máximo, do deslocamento das pessoas, permitindo apenas as atividades essenciais. Assim, as pessoas permanecem em confinamento nas suas residências, saindo apenas quando for estritamente necessário e sob regras específicas de deslocamento e proteção individual.

Neste contexto, no Brasil, vários estados determinaram o fechamento de grande parte do comércio, indústrias, escolas e universidades. Foi mantido apenas o funcionamento de serviços considerados essenciais, tais como, hospitais, supermercados, farmácias e alguns outros. A partir destas medidas um dos desafios das autoridades passou a ser o correto dimensionamento e quantificação da adesão das pessoas às medidas de isolamento social. Destaca-se que a quantificação dessas medidas é muito importante para a definição de novas

Paulo Sausen, Mauricio de Campos, Airam Sausen, Manuel Binelo, Programa em Modelagem Matemática, DCEEng, UNIJUI, Ijuí/RS, Brasil. Emails: sausen@unijui.edu.br, campos@unijui.edu.br, airam@unijui.edu.br, manuel.binelo@unijui.edu.br

Moises dos Santos, Departamento Municipal de Energia Elétrica - DEMEI, Ijuí/RS, Brasil. Email: moises@demei.com.br

Manuscript received April 19, 2005; revised August 26, 2015.

políticas públicas para serem adotadas pelos países no combate à transmissão do novo coronavírus.

Em muitos casos foi adotada a técnica de realizar essa medição a partir do rastreamento dos indivíduos utilizando a rede de telefonia móvel (i.e., celular). Entretanto esta medida, segundo vários especialistas, pode ferir a questão do sigilo e privacidade do indivíduo. Adiciona-se a esta problemática a essência de que esta estratégia está baseada na existência de um celular para cada habitante, e ainda em uma ampla cobertura de sinal de telefonia móvel na cidade/localidade monitorada, realidade que não se confirma em muitas regiões do Brasil, especialmente quando há distância dos grandes centros urbanos.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) através da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) a parcela da população com 10 anos ou mais que possuía celular para uso pessoal passou de 77,1% em 2016, para 78,2% em 2017. Na área urbana, esse percentual era de 81,9%, e na área rural, 55,8%, também em 2017. Nesta mesma pesquisa amostral, no relatório que é apresentado para o mesmo período o percentual de domicílios que possuía energia elétrica proveniente da rede geral era de 99,5% [8]. Ou seja, é fácil perceber que o acesso a energia elétrica está mais presente nos lares brasileiros do que a telefonia celular.

O processo de avaliação das medidas de isolamento social envolve a manipulação de um grande volumes de dados. Então, automatizar esse processo por meio da Inteligência Artificial (IA) pode ser essencial para sua viabilidade, visto que ocorre a redução de custos e de tempo empregado, e aumenta a padronização e consistência dos resultados [9]. Nesse sentido, tanto a IA, quanto os métodos de reconhecimento de padrões podem ser empregados em diferentes problemas relacionados a pandemias. Em [6], por exemplo, foi proposta a utilização de IA e reconhecimento de padrões para o diagnóstico de pacientes com COVID-19. Em [10], [11], [12] o padrão de consumo de energia elétrica foi utilizado como estratégia para diagnosticar o estado de um recurso ou para tentar prever algum evento.

Em [13] foi apresentada uma estratégia de combinação de dados para o planejamento de energia e priorização de recursos energéticos para oferta, usando aspectos ambientais, políticos, sociais, técnicos e econômicos, por meio de indicadores numéricos e linguísticos, o resultado desse trabalho resultou em audiências públicas realizadas com os envolvidos e interessados. Em [14] foi proposta uma metodologia a partir da análise de dados para estimar a eficiência na transformação do consumo de energia elétrica e sua relação com a temperatura média, em rendimentos da população para alguns municípios do estado do Rio de Janeiro, no Brasil. Em [15] foi apresentada uma análise do nível e eficiência energética de uma residência utilizando lógica fuzzy com base no comportamento humano e seus hábitos de consumo de energia a partir de metodologias, métricas e resultados do programa brasileiro de etiquetagem.

Neste artigo é apresentada a proposição de uma nova metodologia de avaliação do isolamento social, considerando o consumo de energia elétrica da população de uma cidade de médio porte, localizada no noroeste do estado do Rio Grande do Sul (RS), Brasil. A metodologia proposta con-

siste inicialmente na combinação de um conjunto de dados do consumo de energia elétrica do município, na qual são estabelecidas faixas de consumo associadas a um leve, médio ou alto grau de isolamento social. Na sequência, uma Rede Neural Artificial (RNA) é treinada para avaliar o grau de isolamento social praticado pelos habitantes do município. Os resultados das simulações são realizados no *software* Matlab e tanto o treinamento da rede, quanto os dados para validar o desempenho da metodologia proposta são gerados a partir de dados reais fornecidos pela concessionária de energia do município.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, inicialmente, são apresentadas as características do município utilizado no estudo de caso e o padrão de consumo de energia elétrica dos seus habitantes, aos domingos e nos dias úteis da semana, no período de 3 de novembro de 2019 até 23 de fevereiro de 2020. Em seguida, através de uma metodologia de combinação de dados é proposta a identificação do nível de isolamento social (i.e., grau leve, médio e alto) utilizando como métrica o consumo médio de energia elétrica. Na sequência, a RNA utilizada é apresentada, e por fim, é realizado o reconhecimento de padrões utilizando a RNA, sendo também descrito o processo de treinamento da mesma.

### A. Estudo de Caso

O estudo de caso apresentado neste artigo foi realizado no município de Ijuí, uma cidade com aproximadamente 90.000 habitantes, localizada na região noroeste do estado do RS, ao sul do Brasil, conforme pode ser observado na Fig. 1.

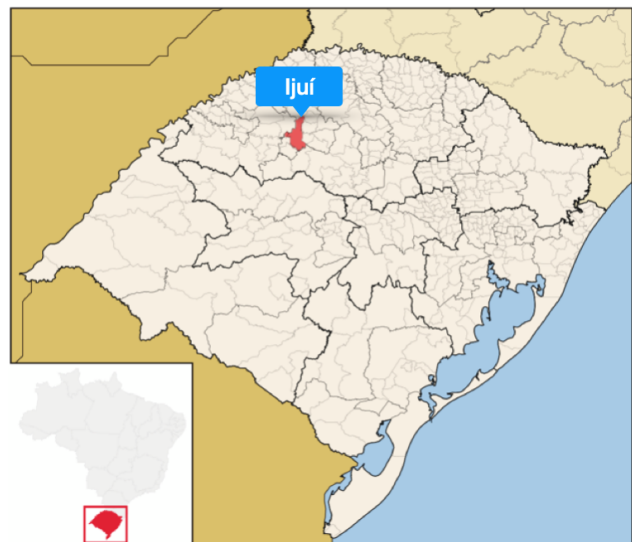


Fig. 1. Localização da cidade de Ijuí - RS - Brasil.

A cidade de Ijuí possui indústrias de pequeno porte, mas é caracterizada por ser uma cidade predominantemente comercial. Outra característica importante é que o município possui o Departamento Municipal de Energia Elétrica de Ijuí (DEMEI), que é o responsável pela distribuição de energia aos consumidores da área urbana do município. Segundo informações

do DEMEI, atualmente o município possui aproximadamente trinta e três mil consumidores de energia elétrica urbanos.

Considerando o comportamento social dos habitantes da cidade de Ijuí, em relação ao funcionamento dos estabelecimentos comerciais, verificou-se que os mesmos, de maneira geral, mantém um conjunto de características comuns com as cidades de pequeno e médio porte do interior do Brasil. Normalmente o comércio entra em funcionamento a partir das 8h00min, realizando uma pausa (fechamento) no horário do almoço, normalmente das 12h00min até as 13h30min, na sequência mantendo-se aberto até as 18h00min. Essa prática cotidiana é mantida de segunda a sexta-feira, e aos sábados o expediente é limitado até as 12h00min em grande parte do comércio.

Já aos domingos, são mantidos em funcionamento somente os serviços essenciais, tais como, hospitais, alguns supermercados, farmácias e postos de combustíveis. Mesmo no que se refere a alimentação, a maior parte dos bares e restaurantes estão fechados ao longo do dia. Ainda, como não existem significativas opções de lazer, a alternativa adotada pela maioria das pessoas é a permanência em suas residências. Nesse sentido, é possível afirmar que aos domingos uma cidade com o perfil de Ijuí possui um alto grau de isolamento social.

Por conseguinte, foi analisado o comportamento do consumo de energia elétrica na cidade de Ijuí, a partir de dados oficiais disponibilizados pelo DEMEI, em duas situações, aos domingos e nos dias úteis da semana, no período de 3 de novembro de 2019 até 23 de fevereiro de 2020. Na Fig. 2 é apresentado o consumo médio de energia elétrica aos domingos, durante as 24 horas do dia, observa-se um consumo médio de 16,37 MW, com desvio padrão médio de 2,56 e erro padrão médio de 1,86. O período destacado em azul reflete o horário de funcionamento do comércio nos dias úteis da semana, e nesses horários aos domingos o valor médio de consumo foi de 15,46 MW, com desvio padrão médio de 2,24 e erro padrão médio de 1,63.

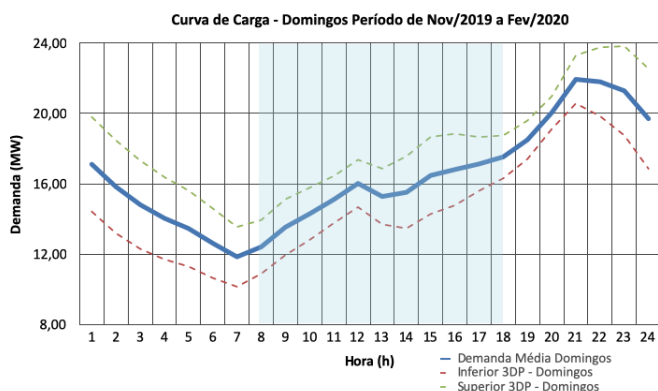


Fig. 2. Análise do consumo médio de energia do município de Ijuí aos domingos (dados do DEMEI).

De modo a obter uma faixa de consumo, foi determinado um intervalo de confiança de 99,7% de representatividade do comportamento típico do consumo de energia aos domingos e foram considerados  $\pm 3\sigma$  desvios padrões tanto para o limite superior, quanto para o limite inferior, da média horária a

partir das curvas típicas do período de novembro de 2019 até fevereiro de 2020. E nesse momento foi assumido que o comportamento característico do consumo de energia elétrica no município de Ijuí aos domingos é semelhante ao perfil de consumo de energia elétrica em um dia de alto grau de isolamento social, visto que as pessoas encontram-se em suas residências, e as atividades comerciais e industriais são mínimas.

Na Fig. 3 é apresentado o consumo médio de energia elétrica, na cidade de Ijuí, nos dias úteis da semana, no mesmo período de 3 de novembro de 2019 até 23 de fevereiro de 2020. Observa-se um consumo médio de 20,40 MW ao longo das 24 horas do dia, com um desvio padrão médio de 3,62 e com um erro padrão médio de 1,31. Aqui, também foi determinado um intervalo de confiança de 99,7% de representatividade do comportamento típico do consumo de energia, para a obtenção de uma faixa de consumo, e foram considerados os mesmos  $\pm 3\sigma$  desvios padrões para o limite superior e para o limite inferior, da média horária a partir das curvas típicas do período considerado. Durante o horário comercial praticado no município de Ijuí (i.e., das 8h00min às 18h00min), destacado em azul na Fig. 3, o consumo médio de energia foi de 22,21 MW, com desvio padrão médio de 3,91 e um erro padrão médio de 1,41.

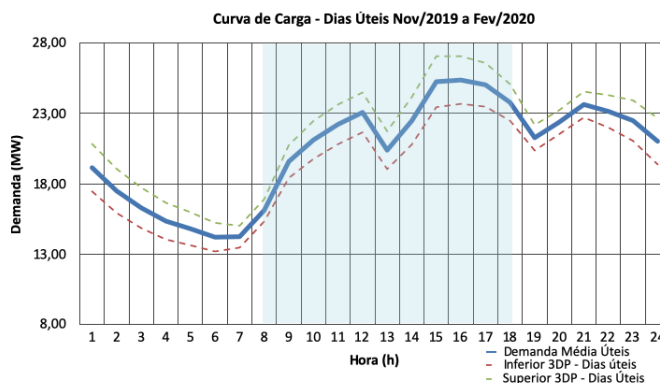


Fig. 3. Análise do consumo médio de energia do município de Ijuí nos dias úteis (dados do DEMEI).

Diante do perfil de consumo de energia elétrica apresentado nas Figs. 2 e 3 dos habitantes do município de Ijuí aos domingos e nos dias úteis da semana, e principalmente levando em conta que o comportamento do consumo de energia aos domingos, das 8h00min às 18h00min, tende a refletir o consumo de energia elétrica semelhante a um dia de alto grau de isolamento social, na próxima seção é proposta a identificação do isolamento social considerando três níveis, ou seja, grau leve, médio e alto, a partir de uma metodologia de combinação de conjunto de dados.

### B. Proposição da Identificação do Nível de Isolamento Social Utilizando como Métrica o Consumo de Energia Elétrica.

A metodologia de combinação de um conjunto de dados normalmente é utilizada no sentido de definir cenários de consumo e planejamento do uso da energia elétrica [13], [14],

[15]. Deste modo, as curvas apresentadas nas Figs. 2 e 3 foram combinadas e três níveis de isolamento social foram definidos, ou seja, leve, médio e alto. Na Fig. 4 eles são identificados, a cor vermelha representa o grau de isolamento social considerado leve, que reflete o consumo de energia elétrica semelhante aos dias úteis da semana; a cor amarela corresponde ao grau de isolamento social considerado médio e representa o consumo de energia elétrica intermediário entre as duas situações consideradas (i.e., domingos e dias úteis da semana); e a cor verde corresponde a um alto grau de isolamento social, pois descreve o consumo de energia elétrica análogo ao encontrado nos dias de domingo.

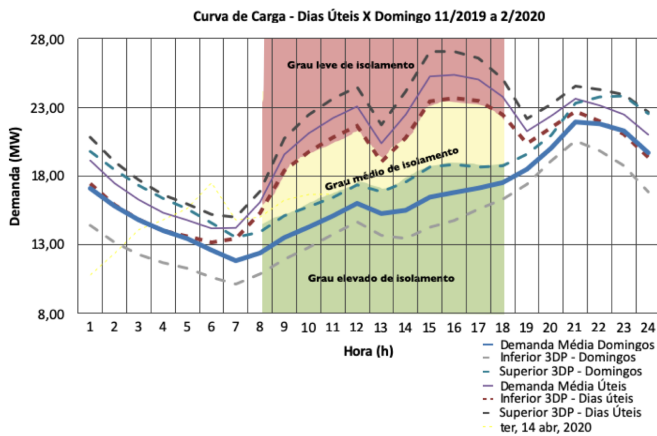


Fig. 4. Composição das análises entre os dias úteis e domingos, para determinação dos três níveis de isolamento social (dados do DEMEI).

Ainda observando a Fig. 4 é possível notar que nos intervalos da 1h00min às 8h00min da manhã e das 18h00min às 24h00min da noite, que não correspondem ao horário comercial, as curvas de consumo de energia elétrica se aproximam mostrando um padrão de comportamento característico do consumo de energia dos habitantes das cidades de pequeno e médio porte.

Para a realização de uma análise prévia dos níveis de isolamento social propostos nesse artigo, primeiramente foi definido o Cenário 1, formado por um conjunto de dados fornecido pelo DEMEI do consumo de energia elétrica dos habitantes da cidade de Ijuí no dia 14 de abril de 2020 (i.e., terça-feira). Esse dia foi escolhido porque no dia 1º de abril foi publicado pelo governador do estado do RS o Decreto nº 55.154, que determinou a suspensão total das atividades do comércio, indústria e serviços, mantendo ativos apenas as atividades essenciais, então na prática esse dia é considerado de alto grau de isolamento social.

Na Fig. 5 a curva lilás representa o consumo de energia elétrica, no dia 14 de abril de 2020, dos habitantes da cidade de Ijuí. Considerando que esse perfil de consumo está quase na totalidade na faixa verde, é possível determinar que nesse dia realmente ocorreu um alto grau de isolamento social, conforme já evidenciado na prática, visto que estava em vigor o Decreto nº 55.154 publicado pelo governador do estado do RS. Por outro lado, percebe-se que um pequeno intervalo de tempo (pico da curva) ficou fora do grau elevado de isolamento. Esse

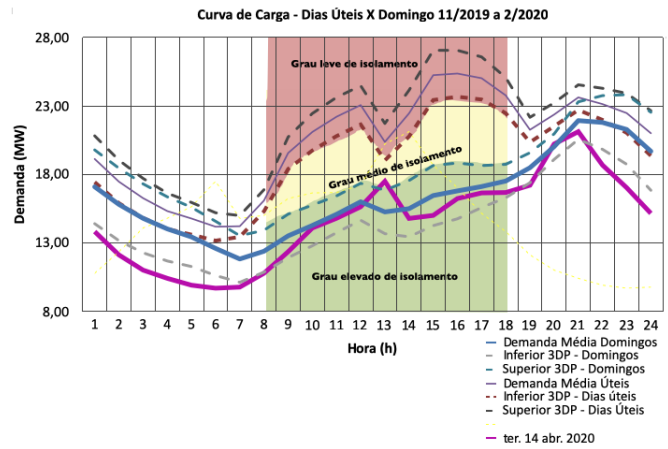


Fig. 5. Cenário 01 - Análise do consumo de energia do dia 14 de abril de 2020 (dados DEMEI).

pequeno intervalo em que o isolamento passa a ser considerado médio refere-se ao horário do almoço e reflete a ocorrência de algum evento que foge completamente do padrão, não sendo possível identificá-lo, sendo considerado uma exceção.

### C. Reconhecimento de Padrões Utilizando RNA

Uma RNA é formada por um conjunto de elementos denominados neurônios, que possuem conexões de comunicação, tendo cada ligação um peso associado. A estrutura e os pesos definem a rede e são a informação utilizada para resolver o problema tratado por ela. RNAs são utilizadas em problemas de reconhecimento de padrões, armazenamento e recuperação de informação, e de forma geral, problemas onde precisam ser associados padrões de entradas com padrões de saída [9].

Então, para permitir que a partir dos dados de consumo de energia elétrica, qualquer dia da semana seja rapidamente analisado, a fim de definir o grau de isolamento social de uma região ou cidade, optou-se pela utilização de uma RNA do tipo *feedforward* de dupla camada com neurônios ocultos, camada com neurônios sigmóides ocultos e *softmax* de saída, conforme pode ser observado na Fig. 6. Este tipo de estrutura de RNA é utilizada em problemas onde é necessário realizar a classificação das entradas em um conjunto de categorias de destino.

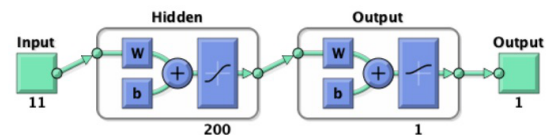


Fig. 6. Estrutura da RNA implementada para o reconhecimento de padrões.

### D. Treinamento da RNA

Para realizar o treinamento da RNA, os dados de entrada foram compostos pelos valores do consumo médio de energia

elétrica apresentados na Fig. 4, considerando o horário comercial, i.e., das 8h00min às 18h00min. A função de ativação *softmax* foi usada para formatar os dados de saída da RNA na faixa de 0 (zero) até 1 (um). Nesse sentido, o valor 0 representa os dias de grau leve de isolamento social, o valor 1 de grau alto de isolamento social, deixando que os valores intermediários sejam definidos pela própria RNA. Desta forma, é possível que os valores para cada grau de isolamento sejam interpretados como probabilidades de ocorrência.

A RNA utilizada pode classificar vetores arbitrariamente, e para este caso especificamente, foram definidos 200 neurônios em sua camada oculta. A rede foi treinada com *backpropagation* de gradiente conjugado em escala, e o desempenho avaliado a partir da utilização de matrizes de entropia cruzada e confusão.

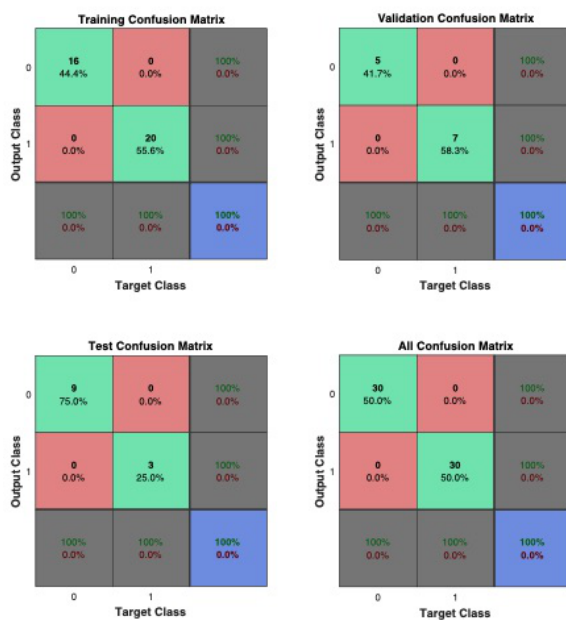


Fig. 7. Matriz de confusão para os treinamentos realizados na RNA proposta.

Na Fig. 7 são apresentadas as matrizes de confusão resultantes do processo de treinamento, mostrando que a RNA utilizada apresenta saídas precisas, como pode ser observado pelo número de respostas corretas nos quadrados verdes e a inexistência de respostas incorretas apresentadas nos quadrados vermelhos. Os quadrados azuis, apresentados no canto inferior direito das matrizes representam o somatório das precisões alcançadas em cada uma das camadas utilizadas pela RNA.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa seção são apresentados os resultados das simulações da aplicação da RNA proposta para determinar o grau de isolamento social, durante a pandemia da COVID-19, no município de Ijuí, localizado no noroeste do estado do RS. Após as análises iniciais apresentadas na Seção II-B a partir do Cenário 1, optou-se por criar um segundo cenário de simulação, considerando mais dias da semana.

O Cenário 2 foi composto de seis semanas, compreendendo 27 dias úteis no período de segunda a sexta-feira, entre os

dias 10 de março de 2020 até 15 de abril de 2020. Foram considerados apenas os dias úteis porque em cidades de pequeno e médio porte, nesses dias, as pessoas tendem a ter maior mobilidade que aos finais de semana, uma vez que nessas cidades há menos opções de lazer e atividades de comércio, quando comparadas aos grandes centros urbanos. O Cenário 2 é apresentado na Tabela I, onde na primeira coluna são mostrados todos os 27 dias úteis considerados, e as 11 colunas seguintes apresentam o consumo de energia elétrica em MW, fornecido pelo DEMEI no dia (i.e., linha) e no período compreendido entre às 8h00min e 18h00min.

Antes de validar os resultados obtidos pela RNA, o consumo de energia elétrica dos habitantes do município de Ijuí, apresentados na Tabela I, foram colocados dentro das três faixas de isolamento social estabelecidas na Fig. 4. Os valores do consumo de energia foram marcados nas cores vermelha, amarela e verde, que correspondem respectivamente aos dias da semana que possuem grau baixo, médio ou alto de isolamento social. Na sequência, esses resultados foram relacionados a uma série de eventos que ocorreram durante o período utilizado para a simulação.

O primeiro evento relacionado ao isolamento social, no município de Ijuí, foi no dia 18 de março quando ocorreu a publicação do Decreto Executivo nº 6.975, emitido pela Prefeitura Municipal da cidade, na qual suspendia totalmente as aulas do sistema público e privado de educação em todos os níveis. Para uma melhor visualização do efeito desse decreto no grau de isolamento da cidade foi incluída na análise a semana que antecedeu a publicação do mesmo, ou seja, a coleta de dados iniciou no dia 10 de março estendendo-se até o dia 15 de abril, quando foi iniciada a escrita desse artigo.

Conforme pode-se observar na Tabela I o Decreto nº 6.975 do dia 18 de março pouco refletiu no comportamento das pessoas, o que já era esperado, pois todas as demais atividades ainda mantiveram o seu funcionamento no município. O comportamento das pessoas no município de Ijuí apenas começou a ser alterado a partir do dia 20 de março, quando se percebe pela coloração predominante amarela na Tabela I, a troca do grau de isolamento de leve para médio, também alternando em alguns momentos para grau alto de isolamento (i.e., cor verde). Esta mudança de nível de isolamento social está vinculada a publicação do segundo Decreto Executivo nº 6.978, datado de 19 de março 2020, que suspendeu as atividades em Igrejas, Clubes e também proibiu aglomerações. Neste decreto, também foram incluídas um conjunto de restrições ao comércio local, determinando a redução no número de atendimentos e um conjunto de regras severas de higienização dos ambientes.

Na sequência, mais dois decretos foram publicados que gradativamente ampliaram as restrições de funcionamento de diversas outras atividades econômicas e sociais no município. O terceiro Decreto Executivo nº 6.987 datado do dia 25 de março de 2020 que ampliou o decreto anterior definindo o estado de calamidade pública no município. Esse decreto estabeleceu mais um conjunto de restrições ao comércio e serviços limitando a lotação dos espaços comerciais a 50% da sua capacidade. Como pode-se observar na Tabela I, esse decreto também não provocou alterações significativa no isolamento

TABLE I  
TABELA DE AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONCORDÂNCIA (CENÁRIO 2).

| Dia / Hora        | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ter, 10 mar. 2020 | 17,14 | 21,30 | 23,01 | 25,07 | 26,65 | 24,00 | 27,38 | 31,49 | 31,58 | 31,26 | 29,77 |
| qua, 11 mar. 2020 | 18,40 | 22,45 | 24,10 | 25,66 | 26,97 | 24,19 | 28,15 | 32,19 | 32,41 | 32,40 | 30,38 |
| qui, 12 mar. 2020 | 18,57 | 23,03 | 24,83 | 26,75 | 28,51 | 26,41 | 30,06 | 34,09 | 34,10 | 34,08 | 31,96 |
| sex, 13 mar. 2020 | 19,47 | 24,31 | 26,08 | 28,55 | 30,14 | 28,04 | 31,90 | 35,66 | 35,76 | 34,81 | 31,83 |
| seg, 16 mar. 2020 | 18,47 | 19,23 | 23,31 | 25,15 | 26,22 | 27,34 | 24,75 | 27,43 | 31,46 | 30,86 | 30,70 |
| ter, 17 mar. 2020 | 16,74 | 20,93 | 23,03 | 24,93 | 26,55 | 24,52 | 28,66 | 32,85 | 33,26 | 32,99 | 30,72 |
| qua, 18 mar. 2020 | 18,65 | 22,17 | 23,59 | 23,57 | 24,49 | 21,41 | 23,35 | 27,05 | 27,05 | 26,22 | 24,11 |
| qui, 19 mar. 2020 | 17,84 | 21,32 | 22,61 | 23,57 | 24,34 | 21,13 | 23,37 | 26,15 | 26,47 | 26,49 | 24,49 |
| sex, 20 mar. 2020 | 14,04 | 16,42 | 16,76 | 17,17 | 17,74 | 15,42 | 16,35 | 19,07 | 20,08 | 20,54 | 19,88 |
| seg, 23 mar. 2020 | 12,91 | 13,36 | 15,55 | 16,51 | 17,35 | 18,79 | 18,37 | 19,59 | 22,19 | 22,78 | 22,88 |
| ter, 24 mar. 2020 | 13,86 | 15,80 | 16,34 | 17,05 | 18,25 | 17,20 | 19,01 | 21,40 | 21,98 | 22,17 | 21,68 |
| qua, 25 mar. 2020 | 14,00 | 15,86 | 16,31 | 17,13 | 18,23 | 17,21 | 19,01 | 21,46 | 21,93 | 22,40 | 21,64 |
| qui, 26 mar. 2020 | 13,50 | 15,38 | 16,14 | 17,09 | 18,45 | 17,66 | 19,40 | 21,75 | 21,54 | 22,69 | 21,73 |
| sex, 27 mar. 2020 | 13,90 | 15,50 | 16,08 | 17,20 | 18,35 | 17,39 | 19,34 | 21,85 | 21,89 | 21,38 | 20,95 |
| seg, 30 mar. 2020 | 14,06 | 15,22 | 18,57 | 19,94 | 21,37 | 22,90 | 20,99 | 22,80 | 26,46 | 25,85 | 25,62 |
| ter, 31 mar. 2020 | 14,82 | 17,75 | 19,37 | 20,64 | 21,76 | 20,11 | 23,11 | 25,44 | 25,81 | 26,11 | 24,50 |
| qua, 01 abr. 2020 | 15,92 | 18,90 | 20,57 | 21,23 | 22,85 | 21,22 | 24,26 | 27,58 | 28,82 | 27,30 | 25,61 |
| qui, 02 abr. 2020 | 16,91 | 19,48 | 20,20 | 20,84 | 21,18 | 17,45 | 17,20 | 18,82 | 19,29 | 19,65 | 19,16 |
| sex, 03 abr. 2020 | 12,06 | 14,04 | 14,94 | 15,79 | 16,30 | 13,54 | 13,45 | 14,49 | 15,26 | 16,45 | 16,94 |
| seg, 06 abr. 2020 | 9,78  | 12,19 | 14,49 | 15,64 | 16,63 | 17,10 | 14,58 | 14,56 | 16,97 | 17,09 | 17,84 |
| ter, 07 abr. 2020 | 11,79 | 13,63 | 13,94 | 14,16 | 15,19 | 13,05 | 13,05 | 14,40 | 14,89 | 16,08 | 17,09 |
| qua, 08 abr. 2020 | 11,56 | 13,30 | 13,62 | 14,25 | 14,91 | 12,58 | 13,03 | 14,32 | 15,07 | 16,60 | 17,73 |
| qui, 09 abr. 2020 | 11,59 | 13,38 | 13,98 | 14,51 | 15,44 | 13,19 | 13,39 | 14,69 | 15,64 | 16,56 | 17,58 |
| sex, 10 abr. 2020 | 8,10  | 8,95  | 10,23 | 10,97 | 12,25 | 10,83 | 9,58  | 9,54  | 9,98  | 11,41 | 13,29 |
| seg, 13 abr. 2020 | 10,12 | 11,57 | 13,67 | 14,19 | 14,81 | 16,23 | 14,30 | 15,28 | 17,50 | 18,09 | 19,51 |
| ter, 14 abr. 2020 | 10,80 | 12,37 | 14,10 | 14,81 | 15,65 | 17,51 | 14,80 | 15,02 | 16,25 | 16,66 | 16,69 |
| qua, 15 abr. 2020 | 12,21 | 13,64 | 13,80 | 14,06 | 15,31 | 12,92 | 13,19 | 14,38 | 14,94 | 16,46 | 17,79 |

social.

Já o quarto Decreto Executivo nº 6.999 foi publicado no dia 28 de março de 2020 e permitiu, a partir da grande pressão dos empresários locais e trabalhadores do comércio com a proximidade da Páscoa, uma maior flexibilização de várias regras anteriormente aplicadas nas atividades do comércio. O reflexo deste decreto é facilmente percebido na Tabela I, onde observa-se a partir do dia 30 de março, segunda-feira seguinte a publicação do mesmo, a mudança para um grau leve de isolamento social (i.e., cor vermelha). Nesses dias o consumo de energia elétrica voltou aos níveis similares ao período anterior as determinações de isolamento e publicação dos decretos do poder executivo.

Por fim, no dia 1º de abril de 2020 foi publicado pelo governador do estado do RS, o Decreto nº 55.154, que determinou a suspensão total das atividades do comércio, indústria e serviços, mantendo ativos apenas os serviços essenciais e com restrições em todo o estado do RS. Esse decreto inclusive determinava punições aos que desrespeitassem as suas determinações. Assim, a partir dessa data percebe-se claramente uma mudança rápida no comportamento das pessoas sendo alterado o nível de isolamento social de grau leve para grau médio no dia 2 de abril, e a partir do dia seguinte para grau alto de isolamento social, que se manteve até o final do período, no dia 15 de abril, conforme é possível observar na Tabela I.

Então, a partir da análise apresentada é possível constatar que a metodologia proposta neste artigo, através dos níveis de isolamento social, consegue classificar de forma satisfatória o

grau de isolamento social da população do município de Ijuí, utilizando o consumo de energia elétrica dos seus habitantes. Por conseguinte, são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação da RNA proposta na Seção II-D, e por fim os resultados encontrados são comparados com os resultados apresentados na Tabela I.

A RNA foi aplicada na tarefa de reconhecer, a partir dos dados de consumo de energia elétrica fornecidos pelo DEMA, os diferentes graus de isolamento social previamente definidos, ou seja, grau leve, médio e alto. Após o treinamento da RNA, foi utilizado o Cenário 2, descrito anteriormente, para a validação da mesma, ou seja, foram considerados os 27 dias úteis da semana, no período de 10 de março de 2020 até 15 de abril de 2020, das 08h00min às 18h00min. Os dados de saída da RNA estão na faixa de 0 (zero) até 1 (um), o valor 0 representa os dias de grau leve de isolamento social, o valor 1 de grau alto de isolamento social, e os valores intermediários representam grau médio de isolamento social.

Os resultados das simulações da aplicação da RNA podem ser visualizados na Tabela II, na qual a sigla GIS representa Grau de Isolamento Social para o período considerado, a cor vermelha identifica uma dia de grau leve de isolamento social, a cor amarela descreve um dia de grau médio de isolamento social, e a cor verde mostra os dias que possuem grau alto de isolamento social. Observa-se que os resultados obtidos pela aplicação da RNA são satisfatórios, pois coincidem com os resultados apresentados na Tabela I, assim como com os decretos publicados pelo poder executivo municipal e estadual.

Destaca-se também que a aplicação da RNA retorna apenas

TABLE II  
CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONCORDÂNCIA DO ISOLAMENTO SOCIAL  
ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA RNA.

| Data              | GIS    |
|-------------------|--------|
| ter, 10 mar. 2020 | 0,0000 |
| qua, 11 mar. 2020 | 0,0000 |
| qui, 12 mar. 2020 | 0,0000 |
| sex, 13 mar. 2020 | 0,0000 |
| seg, 16 mar. 2020 | 0,0000 |
| ter, 17 mar. 2020 | 0,0000 |
| qua, 18 mar. 2020 | 0,0000 |
| qui, 19 mar. 2020 | 0,0000 |
| sex, 20 mar. 2020 | 0,8999 |
| seg, 23 mar. 2020 | 0,7602 |
| ter, 24 mar. 2020 | 0,7610 |
| qua, 25 mar. 2020 | 0,6923 |
| qui, 26 mar. 2020 | 0,4863 |
| sex, 27 mar. 2020 | 0,7843 |
| seg, 30 mar. 2020 | 0,0000 |
| ter, 31 mar. 2020 | 0,0000 |
| qua, 01 abr. 2020 | 0,0000 |
| qui, 02 abr. 2020 | 0,4343 |
| sex, 03 abr. 2020 | 1,0000 |
| seg, 06 abr. 2020 | 1,0000 |
| ter, 07 abr. 2020 | 1,0000 |
| qua, 08 abr. 2020 | 1,0000 |
| qui, 09 abr. 2020 | 1,0000 |
| sex, 10 abr. 2020 | 1,0000 |
| seg, 13 abr. 2020 | 1,0000 |
| ter, 14 abr. 2020 | 1,0000 |
| qua, 15 abr. 2020 | 1,0000 |

um nível de isolamento social para o dia em questão, isto permite que a metodologia proposta através da RNA possa ser usada pela concessionária de energia, ou mesmo pelo poder público para dimensionar em tempo real, o nível de isolamento social de um determinado município apenas tendo como entrada o dado de consumo de energia elétrica da sua população.

#### IV. CONCLUSÃO

Neste artigo foi apresentada uma metodologia de avaliação do isolamento social, considerando o consumo de energia elétrica da população de uma cidade de médio porte. A metodologia consiste inicialmente na combinação de um conjunto de dados do consumo de energia elétrica do município, e por conseguinte na determinação de faixas de consumo de energia associadas a um leve, médio ou alto grau de isolamento social. Na sequência, uma RNA foi treinada para avaliar o grau de isolamento social dos seus habitantes. A partir dos resultados das simulações foi observado que a RNA identificou de forma imediata o nível de isolamento social praticado pelos habitantes da cidade, utilizando apenas as informações do consumo de energia da população, não houve necessidade de recorrer a metodologias que utilizam dados relacionados a privacidade dos habitantes, ou ainda que estão baseadas na necessidade de uso das redes de telefonia móveis que sabidamente, em várias regiões do nosso país, não possuem uma cobertura adequada.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento Municipal de Energia Elétrica (DEMEI) de Ijuí - RS - Brasil.

#### REFERENCES

- [1] Ma, J. Coronavirus: China's first confirmed Covid-19 case traced back to november 17. Published: 13 Mar, 2020. Available in: <https://www.scmp.com/news/china/society/article/3074991/coronavirus-chinas-first-confirmed-covid-19-case-traced-back>.
- [2] Drosten, C.; Günther, S.; Preiser, W.; Identification of a novel coronavirus associated with severe acute respiratory syndrome. *N Engl. J. Med.* 2003; 348:1967-1976.
- [3] Chen, Y.; Liu, Q.; Guo, D. Emerging coronaviruses: genome structure, replication, and pathogenesis. *J Med Virol.* 2020. <https://doi.org/10.1002/jmv.25681>.
- [4] Bedford, J.; Enria, D.; Giesecke, J.; Heymann, D. L.; Ihekweazu, C.; Kobinger, G.; COVID-19: towards controlling of a pandemic. *Vol. 395, ISSUE 10229*, pp. 1015-1018, march 28, ISSN 0140-6736 2020.
- [5] Anderson, R. M.; Heesterbeek, H.; Klinkenberg, D.; Hollingsworth, T. D. How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic. *The Lancet*, 2020, 395(10228),pp. 931-934.
- [6] Kakodkar P.; Kaka N.; Baig M. N. A Comprehensive Literature Review on the Clinical Presentation, and Management of the Pandemic Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Cureus.* 2020;12(4):e7560. Published 2020 Apr 6. doi:10.7759/cureus.7560
- [7] Q&A: Similarities and differences – COVID-19 and influenza. <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/q-a-similarities-and-differences-covid-19-and-influenza> (accessed 29 Jul 2020).
- [8] IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - PNAD Contínua. 2018. Available in: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/17270-pnad-continua.17270-pnad-continua.html?edicao=2443>.
- [9] Abiodun, O. I.; Jatan, A.; Omolara, A. E.; Dada, K. V.; Umar, Linus, O. U.; Arshad, H.; Kazzaure, A. A; Gana, U.; Kiro, M. U. Comprehensive Review of Artificial Neural Network Applications to Pattern Recognition. In: *IEEE Access*, VOL. 7, NO. 19124340, (pp.158820-158846) OCTOBER 2019.
- [10] KOLMER, Maria Magdalena. Machinery failure assessment through pattern recognition of energy consumption. Tese de doutorado. 2017.
- [11] Zhou, C.; Liu, S.; Liu, P. Neural network pattern recognition based non-intrusive load monitoring for a residential energy management system. In: *2016 3rd International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE)*. IEEE, 2016. pp. 483-487.
- [12] Ismail, M.; Shahin, M.; Shaaban, M. F.; Serpedin, E.; Qaraqe, K. (2018, April). Efficient detection of electricity theft cyber attacks in ami networks. In *2018 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)* (pp. 1-6). IEEE
- [13] Roselli, M. A.; Carvalho, C. E.; Udaeta, M. E.; GrimoniIsmail, J. A. B. Hierarchy of the Energy Resources Using Data Envelopment Analysis for Energy Planning. In: *IEEE Latin America Transactions*, VOL. 14, NO. 4, (pp.1752-1757) APRIL 2016.
- [14] Soares de Mello, J. C. C. B.; Angulo Meza, L.; Gomes, E. G.; Fernandes, A. J. S.; Biondi Neto, L. Estudo não paramétrico da relação entre consumo de energia, renda e temperatura. In: *IEEE Latin America Transactions*, VOL. 6, NO. 2, (pp.153-161) JUNE 2008.
- [15] Paim Neto, J. R.; Bianchini, D. EAnalyzing Consumer Behavior on Residential Energy Efficiency Using Fuzzy Logic Model. In: *IEEE Latin America Transactions*, VOL. 13, NO. 10, (pp.3269-3276) OCTOBER 2015.



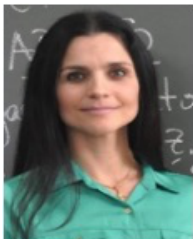
**Paulo Sérgio Sausen** possui graduação, Bacharelado, em Informática pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (1993), Mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Paraíba (1997) e Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (2008). Atualmente é professor Adjunto nível 2, do Departamento de Ciências Exatas e Engenharia (DECEng), da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ). Possui experiência nas áreas de

Ciência da Computação, Engenharia Elétrica e Matemática Aplicada, com ênfase em Smart Grids, Modelagem Matemática de Baterias e Gerenciamento Dinâmico de Energia.



**Maurício de Campos** possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (1997), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (2000) e é doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (2017). Atualmente é professor adjunto da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Automação Eletrônica de Processos Elétricos e Ind-

ustriais, atuando principalmente nos seguintes temas: qualidade de energia, instrumentação, sistemas supervisórios, redes elétricas inteligentes e educação em engenharia.



**Aíram Sausen** concluiu seu Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em 2009. Possui Mestrado em Modelagem Matemática (2004) e Graduação em Licenciatura em Matemática (2002) ambos na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ). Tem experiência nas áreas de Matemática Aplicada, Modelagem Matemática e Simulação, mais especificamente no estudo, aplicação e desenvolvimento de modelos matemáticos para predição do tempo de

vida de baterias utilizadas em dispositivos móveis.



**Manuel Binelo** possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade de Cruz Alta (2004) e mestrado em Modelagem Matemática pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (2007) e doutorado em Engenharia de Teleinformática pela Universidade Federal do Ceará. É professor no curso do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática na UNIJUÍ - RS. Atua na área de Modelagem Matemática Aplicada à Engenharia de Biosistemas.



**Moises dos Santos** possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (2005), Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2008) e Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria, com doutorado sanduíche pela Universidade do Porto, Portugal (2017). Atualmente é professor adjunto da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Atua nas áreas de planejamento, análise e operação de sistemas de energia elétrica

com aplicação de métodos de otimização vinculados ao conceito de Smart Grids.