XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ESTUDO DE CASO: COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIA DE ETIQUETAGEM DO RTQ-C E DO INI-C, EM UMA EDIFICAÇÃO MILITAR

Breno Pontes Pimentel (1); Andréa Teresa Riccio Barbosa (2)
(1) Engenheiro de Fortificação e Construção, mestrando no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Eficiência Energética e Sustentabilidade – Curso de Mestrado Profissional da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, brenopontespimentel@gmail.com, Exército Brasileiro, Av. Afonso Pena, 4730, Ap 2504 Flores, Campo Grande, MS, (67) 98474 0853
(2) Engenheira Eletricista, Dra., Professora do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Eficiência Energética e Sustentabilidade – Curso de Mestrado Profissional da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, andrea.barbosa@ufms.br, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, FAENG – Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Campo Grande - MS, Caixa Postal 549, CEP 79070-900, Tel.: (67) 3345 7475

RESUMO
Devido a diversas limitações encontradas na metodologia prevista no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível da Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), estudos foram realizados entre 2009 e 2018, os quais culminaram na atualização desse Regulamento por meio da Instrução Normativa INMETRO para Classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). Este trabalho analisou e classificou o Projeto Executivo de um Pavilhão do Exército Brasileiro localizado em Campo Grande, MS, por meio da metodologia prevista na INI-C (divulgada durante processo de Consulta Pública em 2018). O Projeto Executivo dessa edificação obtinha ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) Geral Nível "A" segundo RTQ-C. Utilizando publicação da INI-C, obteve-se ENCE Geral de Projeto Classe "A" e houve melhoramento da ENCE Parcial da Envoltória do Lado Leste do Pavilhão, a qual passou de Nível "B" segundo o RTQ-C para Classe "A" segundo a INI-C. As demais ENCE parciais se mantiveram as mesmas pelos dois métodos. No quesito "Aquecimento de Água", o qual era analisado apenas para "Bonificações" no RTQ-C, no método da INI-C obteve-se ENCE Parcial Classe "D". Foi observado que a metodologia Simplificada prevista na INI-C é mais completa que a Prescritiva prevista no RTQ-C, calculando o consumo energético da edificação e o percentual de economia decorrente da implementação de técnicas de eficiência energética.
Palavras-chave: Eficiência energética em edificações, projeto pavilhão militar ENCE nível "A", novo RTQ-C, Programa Brasileiro de Etiquetagem.

ABSTRACT
Due to several limitations found in the methodology provided for in the Technical Regulation for the Energy Efficiency Labeling of Commercial, Services and Public Buildings (RTQ-C), studies were carried out between 2009 and 2018, which culminated in the updating of this Regulation by INMETRO's (National Institute of Metrology, Standardization and Industrial Quality) Normative Instruction for Energy Efficiency Class of Commercial, Services and Public Buildings (INI-C).This study analyzed and classified the Executive Project of a Brazilian Army Pavilion located in Campo Grande, state of Mato Grosso do Sul, Brazil, according the methodology provided in the INI-C (released during public consultation in 2018). The executive project of this building obtained National Energy Conservation Label (ENCE) general level "A" according RTQ-C method. According the method of the INI-C, it was obtained ENCE general of project class "A" and there was improvement of Building Envelope Partial ENCE for east side of the Pavilion, which went from level "B" according RTQ-C to Class "A" according INI-C. The other Partial ENCE were maintained the same according both methods. In the item "Water Heating", which was analyzed only for "bonus" in RTQ-C, according INI-C method it was obtained Partial ENCE Class "D". It was observed that the Simplified methodology predicted in the INI-C is more complete than the Prescriptive predicted in the

RTQ-C, because of the calculation of the energy consumption of the building and the percentage of economy resulting from the implementation of energy efficiency techniques.
Keywords: Energy efficiency in buildings, military pavilion project ENCE level "A", new RTQ-C, Brazilian Labeling Program.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma tendência mundial da busca de soluções sustentáveis na área de construção civil, com surgimento e melhoramento de diversos sistemas de certificação para edificações eficientes. Melo et al. (2013) cita que no Brasil, em 1984, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) deu origem a programas de avaliação de eficiência energética de equipamentos, culminando na área de construção civil com o advento do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica) e, mais especificamente, com a publicação do RTQ-C no dia 27 de Fevereiro de 2009, o qual classifica as edificações para obtenção de ENCE.

Inicialmente, conforme cita Melo et al. (2013), a aplicação do RTQ-C teve caráter voluntário. Porém, no ano de 2014, a Instrução Normativa n° 02 da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação (SLTI) do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) dispôs que todos os Órgãos da Administração Pública Federal, direta, autárquica e fundacional, devem obter a ENCE nível "A" tanto para projetos como também para edificações públicas federais, novas ou que recebam retrofit.

Na aplicação do método Prescritivo do RTQ-C, observaram-se diversas limitações, dentre elas as citadas no trabalho de Melo et al. (2012), como divergências de resultados em relação a métodos da ASHRAE e ao próprio método de simulação também previsto no RTQ-C, e imprecisões nas quais edificações com grandes diferenças de desempenho energético obtêm o mesmo nível de eficiência. Também havia limitação na apresentação de resultados como índices de consumo, e não como de fato um consumo energético real da edificação. Diante dessas limitações, diversos estudos foram realizados desde 2009 até 2018, resultando no aprimoramento do RTQ-C e na Consulta Pública da INI-C. Essa instrução visa à atualização e substituição do RTQ-C, por meio da Portaria do INMETRO n° 248, 10 de julho de 2018. Esse novo regulamento deve ser homologado (com possíveis mudanças) no final deste ano de 2019, conforme foi citado pelo INMETRO em contato realizado por esses autores.

O Exército Brasileiro (EB) é a maior instituição pública do país, e, portanto, apresenta alto potencial de contribuição para redução de consumo energético por meio de projetos e edificações energeticamente eficientes. Sobre o tema eficiência energética nessa Instituição, cita-se a pesquisa de Rachid (2018), que implementou técnicas de eficiência energética no projeto de um Pavilhão Companhia de Comando e Apoio do 9° Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica (9° B Com GE), localizado no município de Campo Grande, MS. Tal estudo mostrou a viabilidade técnica e financeira da aplicação de técnicas de eficiência energética em edificações militares.

Uma vez que Rachid (2018) avaliou o projeto do Pavilhão citado, utilizando o método prescritivo previsto no RTQ-C, para fins de obtenção de ENCE Geral de projeto nível "A", há necessidade de uma nova avaliação, utilizando, porém, a INI-C.

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste artigo é aplicar o método Simplificado da nova INI-C para avaliar o projeto do Pavilhão Companhia de Comando e Apoio do 9° B Com GE, localizado em Campo Grande, MS. Assim, tal projeto poderá ser etiquetado sob novos parâmetros de análise, possibilitando ainda uma análise comparativa da metodologia prevista no RTQ-C com a prevista na INI-C. Essa análise comparativa, que ainda não foi realizada em massa no meio acadêmico por a INI-C ainda está em elaboração, é a maior contribuição científica deste estudo.

No seu estudo, Rachid (2018) tomou como ponto de partida um projeto-tipo de um pavilhão do Exército, que não levava em conta eficiência energética e obtinha ENCE Geral de projeto nível "D", fazendo diversas modificações até obter um novo projeto tipo, porém com ENCE Geral de Projeto nível "A". Portanto, o foco desse artigo não é modificar o projeto já feito, mas verificar qual classe de eficiência ele atinge segundo a nova metodologia da INI-C, para fins de comparação. A Figura 1, a Figura 2 e a Figura 3 apresentam croquis do projeto de pavilhão proposto por Rachid (2018), com ENCE Geral de Projeto nível "A", segundo método prescritivo do RTQ-C:

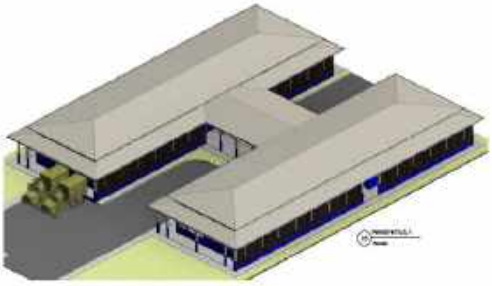


Figura 1 - Vista da Fachada Norte/ Oeste do Pavilhão. Nota-se o uso de cobogós em toda fachada oeste, permitindo ventilação, mas anulando insolação nessa fechada. (FAUSTINO, 2018 apud RACHID, 2018).

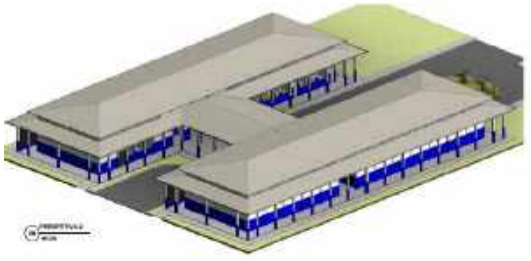


Figura 2 - Vista da Fachada Sul/Leste do Pavilhão. (FAUSTINO, 2018 apud RACHID, 2018).



Figura 3 - Vista da Fachada Norte do Pavilhão. Nota-se o uso de cobogós em toda fachada oeste, permitindo ventilação, mas anulando insolação nessa fechada. (FAUSTINO, 2018 apud RACHID, 2018).

3. MÉTODO

Foi empregado, para fins de obtenção de ENCE de projeto, o método Simplificado previsto na INI-C, divulgada por ocasião de consulta pública em 2018. Tal opção pelo método Simplificado em detrimento do método de simulação decorreu do fato de Rachid (2018) ter utilizado o método prescritivo do RTQ-C, possibilitando assim a análise comparativa entre os regulamentos. Foram obtidas tanto a ENCE geral de projeto, como também todas as ENCE parciais previstas na INI-C. Dentre as limitações do método empregado, estão a possibilidade da INI-C ainda sofrer mudanças e a utilização apenas de método Simplificado, não validando o cálculo do consumo energético por simulação ou medição na edificação construída. O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

1. Análise da Edificação Militar pela metodologia da INI-C, realizando estudo de todos os sistemas previstos, com obtenção das ENCE Parciais de Projeto;
2. Obtenção da ENCE Geral de Projeto pela INI-C;
3. Análise dos resultados obtidos pela metodologia Simplificada da INI-C, comparando aos obtidos pela metodologia Prescritiva do RTQ-C.

3.1. Análise da Edificação pela metodologia da INI-C com Obtenção de ENCE Parciais de Projeto

O método Simplificado da INI-C abrange as arquiteturas de edificações mais comuns utilizadas no país. Porém, para uso desse método e não do de simulação (mais complexo), a edificação em estudo deve respeitar limites expressos na Tabela 1 da INI-C. O Pavilhão militar em estudo, por utilizar materiais convencionais (que devem ser licitados facilmente e com economicidade) e conceitos arquitetônicos bastante difundidos, atendeu a todos os limites, permitindo o uso deste método.

O método Simplificado baseia-se no cálculo do consumo anual de energia para a edificação real e para uma condição de referência com características estabelecidas na Instrução. Então, cada sistema ou mesmo o

projeto no geral é classificado com base no percentual de economia da edificação real em relação à edificação de referência, a qual representa classe "D" de eficiência energética. O fundamento do método, portanto, é derivado do método de simulação, inclusive já previsto no RTQ-C, no qual eram comparados por simulação o desempenho térmico de uma edificação real com uma edificação de referência para determinação da ENCE. No método previsto na INI-C são analisados os seguintes sistemas da edificação para fins de obtenção de ENCE: Envoltória, Condicionamento de Ar, Iluminação, Equipamentos Instalados, Aquecimento de Água e, apenas para fins informativos, percentual de economia devido uso racional de água.

3.1.1. Análise da Envoltória

O Pavilhão em estudo apresenta áreas de escritórios, vestiários, sanitários, salas de aula e depósitos. Uma vez que todos os ambientes, exceto os escritórios, são áreas de permanência transitória não condicionadas, e os escritórios são áreas condicionadas artificialmente, pode-se considerar o edifício como parcialmente condicionado artificialmente, desconsiderando ventilação natural. As áreas condicionadas artificialmente foram divididas em zonas térmicas, conforme previsto na Instrução Normativa, sendo as demais não condicionadas consideradas de permanência transitória e não avaliadas na metodologia da INI-C.

Foram levantados, para cada zona térmica de maneira independente, a sua área, o tipo de zona (perimetral ou interna), se existe contato com o solo, se a cobertura é voltada para o exterior, se existe isolamento térmico no piso, a orientação da zona em relação ao sol, a Densidade de Potência de Iluminação (DPI), o percentual de abertura da fachada (PAF), o fator solar dos vidros utilizados na zona, a transmitância térmica do vidro, das paredes externas e da cobertura, a absortância solar da cobertura e das paredes externas, o pé-direito da zona, os ângulos horizontais (AHS) e verticais de sombreamento (AVS), o ângulo de obstrução vertical (devido construções vizinhas) e a capacidade térmica da cobertura e das paredes externas. Para a tipologia adotada de "escritórios", se utilizou a Densidade de Potência de Equipamentos (DPE) prevista na INI-C.

Foi utilizado nas aberturas vidro simples, não refletivo, com 6mm de espessura com fator solar de 0,82 (SUDBRACK, 2017 apud RACHID,2018). As paredes externas utilizadas nos Pav CCAp seguem o modelo nº 41 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013, com transmitância térmica de 2,39 W/m²K e capacidade térmica de 151 kJ/m²K. A cobertura utilizada nos Pav CCAp é a nº 19 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013, com transmitância térmica de 0,53 W/m²K e capacidade térmica de 176 kJ/m²K. Foi considerado absortância solar $\alpha = 0,20$ para a cobertura (média entre chapa de alumínio oxidado e chapa de aço galvanizada nova e brilhante) e $\alpha = 0,20$ para as paredes externas (pintura na cor branca), conforme Tabela 1.3 do Manual para Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016). Foram usados cobogós com inclinação tal que anule a projeção ortogonal de luz nas aberturas, unindo a cobertura de toda a varanda externa ao solo, em toda a fachada Oeste dos dois lados do Pavilhão "H". Assim, o PAFo obtido foi de 0 %. O pé direito de todos os ambientes condicionados é de 3,75 m. Não foi utilizado abertura zenital. Quanto aos PAF, AVS E AHS, foram determinados para cada zona térmica de maneira independente.

Enquanto no RTQ-C a cidade de Campo Grande, MS, classificava-se na Zona Bioclimática 6 do total de oito, na INI-C, a cidade classifica-se no Grupo Climático 10 do total de vinte e quatro.

Assim, para essa localização, e após levantamento desses dados da edificação, calculou-se a carga térmica anual de refrigeração para as condições real e de referência, por meio do metamodelo que utiliza redes neurais elaborado por Versage (2015) e que é previsto na INI-C. Comparando-se a Carga Térmica Anual de Resfriamento da Envoltória na condição real com a de referência, classificou-se a Envoltória. Cabe ressaltar que para obtenção de ENCE Geral, se utiliza a DPI real para preenchimento do metamodelo, enquanto para obtenção de ENCE Parcial da Envoltória se utiliza a DPI de referência, também para a condição real.

3.1.2. Análise do Sistema de Condicionamento de Ar

Utilizando-se a carga térmica anual calculada para as características da envoltória real e de referência e o Coeficiente de Eficiência Energética (CEE) dos condicionadores de ar utilizados para condições real e de referência (classe "D"), classifica-se o sistema de condicionamento de ar.

Uma vez que o Exército Brasileiro é órgão público, cumprindo a IN n° 02 (SLTI/MPOG), foram previstos nas especificações técnicas desse projeto o uso de condicionadores de ar com ENCE nível "A", o que facilita a análise. Obteve-se o Coeficiente de Eficiência Energética médio dos condicionadores de ar utilizados de 3,24. Tal valor foi maior que o mínimo de 3,23 para alcançar classe "A". Como solução já prevista por Rachid (2018), o pré-requisito específico de isolamento térmico de tubulações foi atendido.

No seminário do Programa Brasileiro de Etiquetagem em Eficiência Energética para sistemas de Refrigeração e Ar-condicionado, realizado em 2018, Lamberts e Cleto (2018) apresentaram que a metodologia prevista para análise de condicionamento de ar na INI-C deve sofrer mudanças, incluindo requisitos previstos na Norma ABNT 16401:2018, além de outros. Tal necessidade de melhoramento decorre do método previsto na INI-C divulgado na consulta pública levar em conta apenas o coeficiente de eficiência energética dos condicionadores de ar, com pré-requisitos de isolamentos de tubulações, apenas mencionado a Norma NBR 16401, a qual está em processo de atualização também. Na proposta de mudança sugerida pelos autores citados seriam incluídos requisitos de qualidade do ar interior e conforto térmico, além do cálculo do SPLV- Índice de Eficiência do Sistema de HVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado) com média ponderada do perfil de carga ao longo do ano, para o edifício em estudo, e aplicação de exigências mínimas de eficiência dos equipamentos etiquetados ou não pelo INMETRO.

Para fins desse artigo, utilizou-se o método de análise previsto na INI-C divulgado para consulta pública, não contemplando essas possíveis mudanças, uma vez que ainda não se sabe quais de fato serão implementadas.

3.1.3. Análise do sistema de Iluminação

Uma vez que o edifício em estudo apresenta atividade principal de escritório, com vestiários e depósitos, foi utilizado o método do edifício completo para análise do sistema de iluminação. Considerou-se, para fins de análise de densidade de iluminação, que os depósitos e vestiários se classificam como "Academia", pois não havia essas atividades listadas na INI-C nem no RTQ-C, e Rachid (2018) as classificou dessa forma. Comparou-se, por fim, a potência instalada total de iluminação com as potências de referência (classe "D"), obtendo-se a economia de energia gerada e classificando-se o sistema de iluminação. Foram utilizadas lâmpadas de LED com 20W de potência e 2600 lúmens cada, em luminárias de 02 lâmpadas cada.

Os pré-requisitos para etiquetagem nível "A" do sistema de iluminação na INI-C são os mesmos do RTQ-C: divisão dos comandos de iluminação para cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto, aproveitamento da luz natural com fileira de luminárias mais próxima às aberturas possuindo interruptor independente das demais, desligamento automático do sistema de iluminação (considera-se atendido, pois a edificação militar pode funcionar 24 horas). Uma vez que Rachid (2018) já havia modificado o projeto para atendê-los, esses continuam atendidos nessa nova análise.

3.1.4. Análise dos Equipamentos utilizados na edificação

Uma vez que a atividade principal desta edificação militar é funcionar como escritório, usou-se a densidade de equipamentos prevista na INI-C para esta tipologia a fim de calcular o consumo energético anual dos equipamentos.

3.1.5. Análise do sistema de Aquecimento de Água

No caso de edificação de escritórios, o consumo de energia para aquecimento de água pode ser desprezado, conforme a INI-C. Porém, devido a peculiaridades do dia-a-dia da edificação militar, que funciona como escritórios no horário do expediente, mas que exige que os militares façam treinamento físico militar e tomem banho antes do expediente, optou-se por calcular esse consumo.

Primeiramente, calculou-se a energia requerida para atendimento da demanda de água quente diária. Para isso, considerou-se que a edificação militar se caracteriza como edificação esportiva, uma vez que a água quente é usada apenas para banho após as atividades físicas dos militares, não havendo cozinha nessa edificação ou qualquer ponto de uso de água quente, além dos chuveiros.

Segundo, para cálculo da energia para aquecimento de água proveniente de sistemas que recuperam calor ou de energia solar térmica, usou-se o que Rachid (2018) já havia previsto: um sistema de aquecimento solar composto por 16 placas de 1 m^2 cada, cada uma com capacidade de aquecer 100 litros de água, e 4 reservatórios, sendo 2 de 600 litros e 2 de 200 litros de capacidade. Não houve previsão de sistemas que recuperam calor no projeto.

Conforme metodologia prevista na INI-C, calculou-se a energia incidente sobre a superfície dos coletores solares, a energia solar absorvida e também a não aproveitada pelos coletores, a fração solar mensal e, por fim, a energia para aquecimento solar de água.

Uma vez que os sistemas de aquecimento utilizados são muito próximos aos pontos de utilização, as perdas térmicas nas tubulações de distribuição foram desconsideradas. Também não foi previsto no projeto o

uso de sistema de recirculação, anulando esse tipo de perda. Já as perdas térmicas nos reservatórios foram de fato calculadas pela metodologia prevista na INI-C, uma vez que se utilizou sistema de aquecimento por resistência elétrica imersa nos reservatórios (boilers).

Quanto aos pré-requisitos para obtenção de classe "A", como não houve previsão de sistema de recirculação, considerou-se atendido o pré-requisito de automação e de isolamento térmico do sistema de recirculação. Os reservatórios utilizados no projeto obedecem aos limites de perda específica mensal máxima descritos na INI-C. Como não há previsão de uso de aquecedores múltiplos trabalhando em conjunto, considerou-se que o pré-requisito de necessidade de sistema de controle de acionamento de múltiplos aquecedores foi atendido.

Não há previsão de energia oriunda de fontes térmicas para aquecimento de água (Aquecedores a Gás Natural ou Gás Liquefeito de Petróleo), portanto foi anulada a parcela de aquecimento de água oriunda de fontes térmicas.

Por fim, de posse dos cálculos de cada item previsto acima, pôde-se determinar o consumo anual de energia elétrica necessária para o aquecimento de água para as condições real e de referência. Como para a tipologia "escritórios" a INI-C não prevê análise de aquecimento de água, utilizou-se a tipologia de "hospedagem" apenas para obtenção dos parâmetros para determinação do consumo na condição de referência.

3.1.6. Cálculo do percentual de economia devido Uso Racional de Água

O RTQ-C permitia que o uso racional de água influenciasse na classificação energética da edificação como bonificação, caso a economia de água gerada por mudanças de projeto ultrapassasse 40% e fosse comprovada. Tal consideração, para fins de etiquetagem, poderia beneficiar uma edificação energeticamente menos eficiente que o necessário, para obter ENCE nível "A" por meio da pontuação de bonificação. A INI-C, entretanto, traz como vantagem o cálculo da economia de água apenas como caráter informativo na etiqueta, o que é mais apropriado.

Em relação aos equipamentos convencionais antes utilizados pelo Exército, os novos dispositivos eficientes utilizados neste Pavilhão apresentam as seguintes caraterísticas: mictórios eficientes com menor vazão de água (redução de 3,8 para 2,5L/descarga), bacias sanitárias mais eficientes (redução de 6,8 para 6,0L/descarga), torneiras dos lavatórios com temporizadores e com arejadores (redução de 8,3 para 1,5 L/min), chuveiros híbridos eficientes com menor vazão de água (redução de 9,5 para 3,0 L/min).

Calculou-se o consumo de água para uma edificação de referência, a qual utiliza vazões pré-determinadas para os dispositivos hidráulicos, e para condição real, a qual utiliza a vazão real dos dispositivos economizadores de água. Rachid (2018) já havia previsto a utilização destes dispositivos no projeto a fim de obter pontos de bonificação que elevassem a pontuação total, e, portanto, o nível de eficiência energética segundo o RTQ-C.

3.2. Determinação da ENCE Geral de Projeto

Uma vez calculados o consumo elétrico anual para as condições reais e de referências para os sistemas de iluminação, de condicionamento de ar, de aquecimento de água, para os equipamentos, obtêm-se o consumo anual total de energia elétrica da edificação avaliada. Uma novidade da INI-C em relação ao RTQ-C é que essa ainda permite combinar o consumo elétrico com consumo de fontes térmicas (caso haja), que, por meio de coeficientes previstos na Instrução, se combinam resultando no Consumo de Energia Primária da edificação avaliada. O consumo de Energia Primária foi calculado para as condições total e de referência, obtendo-se a economia gerada da edificação real em relação à edificação de referência (classe "D") e a ENCE Geral de Projeto.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados foram divididos em três seções, sendo a primeira o cálculo do consumo energético anual e a obtenção da ENCE Geral de Projeto, a segunda a obtenção da ENCE Parcial de Projeto e a terceira uma análise comparativa entre o método Prescritivo do RTQ-C e o método Simplificado da INI-C.

4.1. Cálculo do Consumo Energético Anual e ENCE Geral de Projeto

Foram calculados a carga térmica de resfriamento e os consumos de energia elétrica dos sistemas de condicionamento de ar, de iluminação, de equipamentos e de aquecimento de água tanto para a condição real, quanto para a condição de referência. Como não houve previsão de energia oriunda de fontes térmicas

no projeto, converteu-se apenas o consumo total anual de energia elétrica para energia primária, tanto na condição real como de referência, com a finalidade de obter-se a economia gerada entre essas duas condições e a ENCE Geral de Projeto.

Uma vez que o Pavilhão em estudo tem formato "H", dividiu-se a sua análise no seu lado Leste e no seu lado Oeste, uma vez que o RTQ-C previa tal divisão para análise de pavilhões desse formato, dividindo em 2 (duas) edificações de plantas retangulares. A análise prevista na INI-C não exige tal divisão, uma vez que o estudo é feito em zonas térmicas, e pode-se inserir individualmente para cada zona as suas características próprias de envoltória, permitindo um maior número de formatos de edificação, incluindo a em formato H em específico. Porém, para melhorar a visualização dos resultados comparativos, optou-se por manter a divisão já feita por Rachid (2018) conforme RTQ-C.

Rachid (2018) implementou no projeto executivo cobogós que permitiam a circulação de ar, mas que anulam a insolação, nas fachadas oeste tanto do lado Oeste quanto do lado Leste do pavilhão em formato "H". Tal técnica permitiu a redução da carga térmica de resfriamento da edificação, gerando economia de energia, que culminou em melhorias na ENCE Parcial da envoltória do sistema de condicionamento de ar e na ENCE Geral de Projeto.

Destaca-se que as técnicas de eficiência energética aplicadas ao projeto resultaram em economia de 43% no consumo energético da edificação em seu lado Leste, comparado à edificação de referência prevista na INI-C (Classe D). Para o lado Oeste, a economia foi de 40%.

Em relação à condição de referência, considerando o valor da tarifa paga em fevereiro de 2018 pelo Exército Brasileiro à Concessionária em Campo Grande, MS (com custo do kWh de R$ 0,281392 - Tarifa Horária Verde Fora de Ponta), haverá economia anual com energia de R$ 8.358,46 no lado Leste e R$ 4.875,28 no lado Oeste, totalizando R$ 13.233,74 de economia anual. Observa-se aqui que a aplicação do método da INI-C, o qual é mais completo que o do RTQ-C, reduziu a estimativa de economia anual prevista, uma vez que Rachid (2018) previa em sua utilização do método Prescritivo do RTQ-C uma economia anual de R$ 50.535,84 (R$ 4.211,32 por mês) comparando a edificação obtida com ENCE Geral de Projeto Nível "A" com a edificação de projeto-tipo já consolidado no Exército Brasileiro com ENCE Geral de Projeto Nível "D". Tal divergência de valores pode ser explicada uma vez que Rachid (2018) apenas levou em conta para o cálculo de economia o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar, enquanto neste artigo foi aplicada a metodologia da INI-C, analisando esses dois sistemas, mas também os equipamentos instalados e o aquecimento de água. A própria metodologia de análise de economia energética nos sistemas de condicionamento de ar e de iluminação foi diferente, uma vez que foi utilizado agora método previsto na INI-C, e Rachid (2018) havia estimado o cálculo do consumo pelas potências dos equipamentos, não calculando cargas térmicas no caso dos condicionadores de ar.

Rachid (2018) ainda constatou pelo orçamento final, em fase de projeto executivo, que as implementações das técnicas de eficiência energética não resultariam em custos extras de construção, sendo o custo unitário da obra do novo projeto (R$/m2) 3,73% mais barato que a obra do projeto tipo anterior, o qual não levava em conta eficiência energética (ENCE Geral nível "D" segundo RTQ-C). Assim, há redução de custos tanto na fase de construção, como também na fase de operação da edificação.

Para o Grupo Climático 10 (onde está classificada a cidade de Campo Grande, MS), considerando o fator de forma da edificação em estudo e a tipologia de "escritórios", obtém-se por tabela da INI-C que a economia mínima de energia para obtenção de ENCE Geral Classe "A" é de 38%. Assim, tanto para o lado Leste, quanto para o lado Oeste, obteve-se ENCE Geral de Projeto Classe "A".

A Tabela 1 e a Tabela 2 mostram os resultados encontrados para os consumos anuais de energia do lado Leste e do lado Oeste da edificação em estudo, respectivamente, para as condições real e de referência:

Tabela 1- Consumo Energético Anual do Lado Leste- Pav CCAp

Sistema Avaliado	**Consumo Real [kWh/ano]**	**Consumo Referência – Classe D [kWh/ano]**
Envoltória (Carga Térmica de Resfriamento)	8.275,04	20.522,02
Sistema de Iluminação	4.576,00	28.740,92
Equipamentos Instalados	12.300,60	12.300,60
Sistema de Condicionamento de Ar	2.952,36	7.893,08
Sistema de Aquecimento de Água	20.360,00	20.360,00
Consumo Total	39.590,62	69.294,60
% Economia	**43%**	**0%**
ENCE Geral Classe	A	D

Tabela 2- Consumo Energético Anual do Lado Oeste- Pav CCAp

Sistema Avaliado	**Consumo Real [kWh/ano]**	**Consumo Referência – Classe D [kWh/ano]**
Envoltória (Carga Térmica de Resfriamento)	23.802,43	37.854,04

Sistema de Iluminação	7.176,00	17.288,75
Equipamentos Instalados	11.797,92	11.797,92
Sistema de Condicionamento de Ar	7.346,43	14.559,25
Sistema de Aquecimento de Água	N/A	N/A
Consumo Total	26.320,35	43.645,92
% Economia	**40%**	**0%**
ENCE Geral Classe	A	D

4.2. ENCE Parcial de Projeto

Por fim, utilizou-se a metodologia prevista na INI-C para determinação da ENCE Parcial para envoltória, para sistema de iluminação, de condicionamento de ar e de aquecimento de água. Na envoltória, especificamente, para a tipologia de "escritório", utilizou-se para o cálculo da carga térmica anual de resfriamento a densidade de iluminação da edificação real igual à de referência, conforme previsto na INI-C.

A análise da edificação militar mostrou que, com a aplicação da INI-C, a ENCE Geral de projeto manteve-se classe "A", enquanto nas ENCE Parciais, houve incremento de classe da Envoltória do lado Leste, a qual passou de classe "B" segundo o RTQ-C para classe "A" segundo a INI-C, com as demais ENCE parciais mantendo-se as mesmas para os dois métodos.

Observou-se que pela metodologia prevista na INI-C, o ganho oriundo dos coletores solares foi insuficiente para melhorar o nível de eficiência energética do sistema de aquecimento de água. A energia requerida para aquecimento de água na edificação em estudo é de 76,25 kWh/dia, enquanto que a de fato fornecida pelos coletores na configuração proposta por Rachid (2018) é de 24,32 kWh/ dia, o que por fim gerou uma ENCE Parcial classe "D" para aquecimento de água. Porém, como a utilização de água quente não representa grande parcela do consumo total de energia nessa edificação, tal classificação ruim não foi representativa na determinação da ENCE Geral. Destaca-se que para o lado Oeste, há instalação de apenas 01 (um) chuveiro quente, com a maioria do uso sendo de escritórios, o que, de acordo com a INI-C, faz com que o consumo energético do sistema de aquecimento de água possa ser desprezado.

No quesito economia de água, foram utilizados no projeto do pavilhão dispositivos que visam uso mais racional desse recurso natural. Pela metodologia do Anexo E da INI-C, foram calculados o consumo de água com os dispositivos convencionais e com os dispositivos eficientes, para um efetivo previsto do Pav CCAp analisado de 103 homens e 05 mulheres. Observou-se uma economia de 57,42% no consumo de água da edificação pela Eficientização do sistema.

Os resultados da aplicação do RTQ-C no trabalho de Rachid (2018) e da aplicação da INI-C nesse artigo estão expressos na Tabela 3 e na Tabela 4, respectivamente.

Tabela 3- ENCE Parcial- Pav CCAp- Método RTQ-C. Fonte: Rachid (2018).

Sistema Avaliado	**Lado Leste**	**Lado Oeste**
Pré-requisitos Gerais	Atende	Atende
Envoltória	B	B
Sistema de Iluminação	A	A
Sistema de Condicionamento de Ar	A	A
Sistema de Aquecimento de Água	N/A	N/A
Bonificações	01 Ponto	01 Ponto
Pontuação Total	5,92	5,77
ENCE Geral Nível	A	A

Tabela 4- ENCE Parcial- Pav CCAp- Método INI-C

Sistema Avaliado	**Lado Leste**	**Lado Oeste**
Pré-requisitos Gerais	N/A	Atende
Envoltória	A	B
Sistema de Iluminação	A	A
Sistema de Condicionamento de Ar	A	A
Sistema de Aquecimento de Água	D	N/A
Bonificações	Economia de Água de 57,42% (Caráter informativo apenas)	
% Economia	43%	40%
ENCE Geral Nível	A	A

4.3. Comparação método Prescritivo do RTQ-C com método Simplificado da INI-C

Enquanto o método Prescritivo do RTQ-C previa apenas a análise dos sistemas de envoltória, de iluminação e de condicionamento de ar para determinação do nível de eficiência energética da edificação, o método

Simplificado da INI-C prevê a análise desses três sistemas, adicionando ainda a análise do consumo energético dos equipamentos elétricos utilizados na edificação, como também a análise do sistema de aquecimento de água.

No método do RTQ-C, para obtenção da ENCE Geral de Projeto, havia pré-requisitos gerais, os quais não são considerados no método da INI-C. Essa flexibilização foi vantajosa, uma vez que no método mais antigo poderia haver penalização de edificação devido, por exemplo, absortância mais alta de uma parede, ou mesmo maior transmitância de uma cobertura, quando essa situação não geraria de fato um impacto significativo no consumo de energia. Já a análise por zonas térmicas em um metamodelo de redes neurais artificias prevista na INI-C, de fato calcula a carga térmica anual resultante de cada uma das diferentes características termo-físicas da edificação avaliada.

No RTQ-C, utilizava-se a divisão do Brasil em oito Zonas Bioclimáticas. Na INI-C, a divisão foi feita num maior número de grupos por Roriz (2014) apud INI-C (2018), totalizando vinte e quatro grupos climáticos. Devido as dimensões continentais do país, a divisão num maior número de grupos pode ser interessante para representar melhor o clima real de um local. Porém, devido a INI-C ainda está sendo desenvolvida, não foram encontrados estudos que comprovem maior representatividade.

Uma outra vantagem do novo método (INI-C) em relação ao antigo (RTQ-C) é a definição da tipologia da edificação para classificação energética. Assim, pode-se fazer uma análise mais representativa para cada tipologia em específico, sendo elas edificações de: escritórios, educacionais, hospedagem, hospitalares, comerciais (lojas ou mercados) e alimentação. Essa maior representatividade se dá pelo fato do Anexo A da INI-C fornecer tabelas com informações típicas do uso para cada tipo de edificação, como densidade de potência de equipamentos e iluminação, taxas de ocupação, números de horas e dias de ocupação no ano, além de outras características comuns ao tipo de edificação.

A metodologia prevista na INI-C também trouxe avanços ao possibilitar a análise de energia oriunda de fontes térmicas e elétricas para classificação final da edificação. Tal combinação de energias foi possível por estudos que estabeleceram coeficientes de conversão para transformação em Energia Primária, conceito também introduzido na metodologia da INI-C.

No quesito Envoltória, foram observadas vantagens da análise prevista do INI-C em relação ao RTQ-C, uma vez que neste último não são levados em conta, para cada zona térmica individualmente, a orientação solar das aberturas, o fator de forma, a densidade de equipamentos e iluminação e o percentual de abertura de fachada. No método antigo todos esses fatores eram ponderados para a edificação como um todo, o que pode reduzir a representatividade do modelo analisado. Além disso, soma-se o fato de a análise da envoltória no RTQ-C ser por índices de consumo, os quais não apresentam significado físico, diferentemente do novo método da INI-C, que calcula a carga térmica anual de resfriamento para as características da edificação em estudo, apresentando um dado físico. Outra vantagem do método da INI-C é que este permite a análise de ambientes ventilados naturalmente, caso necessário.

No método Prescritivo do RTQ-C, era calculado uma Pontuação Total para etiquetagem de uma edificação, considerando pesos de 30% para envoltória, 30% para sistema de iluminação e 40% para sistema de condicionamento de ar. Já no método Simplificado da INI-C, não são calculados Índices de Consumo que serão ponderados para cálculo de Pontuação Total, mas é calculado de fato o consumo anual de energia (kWh/ano) para a envoltória, o sistema de condicionamento de ar, o sistema de iluminação, a carga de equipamentos e o sistema de aquecimento de água. O fato de calcular o consumo real total e não ponderar com coeficientes pré-determinados permite uma análise mais específica da edificação, pois nem toda edificação tem envoltória e iluminação representando 30% cada, da pontuação total e 40% do sistema de condicionamento de ar. Porém, uma limitação desse estudo é que ainda não foram realizadas simulações ou medições para validação dos consumos calculados pelo método Simplificado da INI-C. A simulação termo energética dessa edificação será realizada numa segunda fase desse estudo, permitindo uma análise mais aprofundada.

Uma sugestão de melhoria do método da INI-C é que a Densidade de Potência de Iluminação (DPI) seja calculada na condição real para o cálculo da carga térmica anual de resfriamento, não se utilizando DPI fixada na tabela para a condição real, tão somente para edificação de referência.

5. CONCLUSÕES

Observou-se que a metodologia prevista na INI-C apresenta diversas vantagens em relação à prevista no RTQ-C. A divisão em zonas térmicas e o uso do metamodelo que utiliza redes neurais para o cálculo da carga térmica anual de resfriamento, levando em conta as propriedades termo-físicas da edificação em estudo, já demonstra que novo método é mais completo. A comparação do consumo energético anual de uma

edificação real com uma edificação de referência, a fim de determinar a classe de eficiência energética atingida por meio da economia, também é uma grande vantagem em relação ao método de pontuações previstos no RTQ-C. Resta ainda a necessidade em estudos futuros de verificar se os valores de consumo energético calculados pelo método Simplificado são coerentes com os obtidos por simulação, validando os resultados. Medições de consumo energético na fase de uso da obra também podem validar os consumos calculados pela nova metodologia, trazendo mais credibilidade ao processo de etiquetagem brasileiro. No estudo de caso de uma edificação militar, as ENCE obtidas pelo RTQ-C e pela INI-C foram praticamente iguais. Tanto pela metodologia do RTQ-C quanto pela metodologia da INI-C, a edificação avaliada obteve ENCE Geral de Projeto Classe "A". Já nas ENCE Parciais, todas elas permaneceram as mesmas nas duas metodologias, exceto no caso da Envoltória do Lado Leste do Pavilhão, a qual passou de Nível "B" segundo o RTQ-C para Classe "A" segundo o INI-C.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Instrução Normativa nº 02/2014, de 04 de junho de 2014. **SLTI – Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores pela APF Direta, Autárquica e Fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit**. Distrito Federal, DF.

_____. Lei nº 10295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia e dá outras providências**. Distrito Federal, DF.

_____. Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. **INMETRO – Aprova os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).** Distrito Federal, DF.

_____. Portaria nº 50, de 01 de fevereiro de 2013. **INMETRO – Aprova o aperfeiçoamento dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações**. Distrito Federal, DF.

_____. Portaria nº 248, de 10 de julho de 2018. **Aperfeiçoamento do Regulamento Técnico da Qualidade para a Classe de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).** Distrito Federal, DF.

DIDONÉ, E. L.; WAGNER, A.; PEREIRA, F. O. R. **Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 27-42, jul./set. 2014. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

ELETROBRAS. **MANUAL DE APLICAÇÃO DO RTQ-C**: Manual de Aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Versão 2 ed. Rio de Janeiro, 2016.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Nota técnica DEA 13/15: Demanda de Energia 2050**. 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 19 Jan 2019.

LAMBERTS, R.; CLETO, L T. **Certificação de sistemas PBE EDIFICA**. In: SEMINÁRIO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA REFRIGERAÇÃO E AR-CONDICIONADO, 1., 2018, São Paulo. São Paulo: Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento, Ministério de Minas e Energia, Eletrobras e Procel, 2018.

MELO, A.P., CÓSTOLA, D.; LAMBERTS, R.; HENSEN, J. L. M. Assessing the accuracy of a simplified building energy simulation model using BESTEST: The case study of Brazilian regulation. **Energy and Buildings**, v.45, n.0, p.219-228. 2012.

MELO, A. P. et al. Desenvolvimento de um método para aprimorar a precisão do método prescritivo da etiquetagem PROCEL/INMETRO para edifícios comerciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2013, Brasília. **Anais...** Brasília: ENCAC, 2013. p. 1 -10.

RACHID, M.N. (2018). **Implementação da Eficiência Energética em uma Edificação Militar do Exército Brasileiro.** Campo Grande, 2018. 175 p. Trabalho de Conclusão Final de Curso (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

VERSAGE, R.S. (2015). **Metamodelo para estimar a carga térmica de edificações condicionadas artificialmente**. Florianópolis, 2015. 201 p. Tese submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Civil, Brasil.