XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM PRÉDIO EDUCACIONAL POR MEIO DE SIMULAÇÕES PARAMÉTRICAS

QUEVEDO, Tiago (1); ABREU, Ana Ligia (2), MELO, Ana Paula (3), VERSAGE, Rogério (4)

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, quevedotc@gmail.com

(2) Instituto federal de Santa Catarina, ana.abreu@ifsc.edu.br

(3) Universidade Federal de Santa Catarina, a.p.melo@ufsc.br

(4) Instituto federal de Santa Catarina, rogerio.versage@ifsc.edu.br

RESUMO

As edificações educacionais são importantes para criar e perpetuar o ideal de eficiência energética e sustentabilidade. Ainda, podem ser responsáveis por mais de 10% do consumo total de energia em edificações. Considerando o impacto do consumo energético em edificações de ensino superior e a obrigatoriedade de edificação pública federal construída ou reformada a partir de 2014 de obter a etiqueta Procel/Edifica nível "A" de Eficiência Energética o objetivo deste trabalho é determinar medidas de eficiência energética por meio de simulações paramétricas para uma edificação do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). Serão analisadas estratégias de eficiência energética como absortâncias, percentuais de abertura, sombreamentos horizontais, fatores solar e transmitância térmica das paredes e coberturas, para que sua envoltória seja classificada com nível "A" de Eficiência Energética pelo novo método do Programa Brasileiro de Etiquetagem, Instrução Normativa Inmetro – Edificações Comerciais, de serviços e públicas (INI-C). Para os modelos propostos, as medidas a serem seguidas são a presença de sombreamento horizontal, percentuais de abertura de 30% e absortâncias de 0,3.

Palavras-chave: *Eficiência Energética em Edificações, Simulações paramétricas, EnergyPlus, diretrizes construtivas.*

ABSTRACT

The educational buildings are important to create and sustain the idea of energy efficiency and sustainability. In addition, they may consume more than 10% of total energy for buildings in some countries. Considering the obligation for any federal public building to obtain an "A" level of Energy Efficiency, the responsibility in the rational use of resources, the environmental sustainability: The projects of the Federal Institute of Santa Catarina (IFSC) should be designed to be evaluated and receive the highest label from the performing labeling program. In this way, the objective of this work is to determine the constructive variables such as, absorptances, window to wall ratio, solar factor, horizontal shadings, thermic transmitances of wall and roofs, through the parametric simulations for a building of the IFSC. As results, the utilization of horizontal shadings, glazing area percentages around 30% and low absortances were the strategies with the highest impact in internal thermal mass.

Keywords: *Buildings Energy Efficiency. Energy Plus. Parametric Simulation.*

1QUEVEDO, Tiago; ABREU, 2 Ana Ligia, 3 MELO, Ana Paula, 4 VERSAGE, Rogério. Avaliação da eficiência energética de um prédio educacional por meio de simulações paramétricas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

1 INTRODUÇÃO

A partir da Conferência de Estocolmo, realizada em 1972 (WRIGHT, 2002), a abordagem do tema de eficiência energética em edificações vem se destacando, tanto no âmbito acadêmico, quanto no comercial, com o objetivo de tornar as edificações mais energeticamente eficientes.

De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia (EIA), em 2018 as edificações foram responsáveis por 28% das emissões de gases do efeito estufa. Além disso, o mesmo relatório aponta que a partir de 2013 observou-se um aumento na demanda energética das edificações, motivado pelo maior uso de sistemas de refrigeração e pela utilização de equipamentos menos eficientes (EIA, 2019).

Dentre as edificações responsáveis pelo consumo energético elevado, encontram-se as edificações escolares. Essa tipologia apresenta um consumo significativo em vários países e regiões do mundo. Nos Estados Unidos, por exemplo, o consumo das edificações escolares corresponde a 10,8% do consumo total das edificações (WANG, 2016). Já no Reino Unido, os edifícios educacionais são o terceiro maior consumidor de energia, ficando atrás somente dos edifícios comerciais e de escritórios. Por fim, no Taiwan, as edificações escolares correspondem a 14,4% dos clientes de alta tensão de voltagem do país (WANG, 2016). No Brasil, ainda não se tem dados representativos ao consumo das edificações escolares, porém observa-se que as edificações residenciais e comerciais representam 47% do consumo energético brasileiro, ficando à frente do setor industrial com 35% (BEN, 2019). Com o objetivo de tornar as edificações brasileiras mais eficientes, foi desenvolvido em 2009 e 2010, respectivamente, no Brasil, dois regulamentos visando a eficiência energética de edificações, um para edificações comerciais, de serivços e públicas (RTQ-C) e outro para edificações residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2014).

Entre 2018 e 2019 o RTQ-C foi atualizado e entrou em consulta pública. Essa proposta, nomeada como a Instrução Normativa da Qualidade para Edificações Comerciais, de Serviços ou Públicas (INI-C), apresenta melhorias significativas ao método atual. Dentre elas, destacam-se uma nova divisão do clima brasileiro em 24 grupos climáticos, a possibilidade de utilizar e informar o consumo de energia primária, e tabelas contendo informações que devem ser adotadas como padrão de ocupação, iluminação e uso de equipamentos referentes a várias tipologias, incluindo escolas básicas, ensino médio e ensino superior.

Destaca-se que a análise do nível de eficiência de edificações de acordo com a etiquetagem brasileira não é obrigatória, exceto para edificações públicas federais onde a edificação deve possuir uma Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nível "A", utilizando o RTQ-C para avaliação (BRASIL, 2014). No Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) adota-se um projeto padrão das novas edificações de salas de aula. Segundo Brito et all (2019), é possível garantir-se a qualidade ambiental com pequenas alterações nos elementos arquitetônicos, sem a descaracterização do projeto padrão. Por ser edifício educacional público federal, é preciso que seja avaliado quais aspectos da envoltória são aspectos que devem ser priorizados pelo projetista para obtenção da (ENCE) nível "A" ainda na etapa de projeto. Visto que trocas de luminárias, lâmpadas, e sistemas de condicionamento de ar são intervenções muito mais simples de serem feitas na etapa de projeto.

O objetivo deste artigo é identificar quais são os pontos críticos da envoltória de um projeto padrão de uma edificação educacional que devem ser priorizados observando a obtenção do Nível "A" de acordo com a Instrução Normativa do Inmetro – edificações comerciais de serviços e públicas INI-C

2 MÉTODO

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste artigo é baseada na proposta de atualização do INI-C, avaliando somente o sistema de envoltória por meio do método de simulação com o programa *EnergyPlus*. O objeto de estudo é um novo bloco do Departamento Acadêmico de Construção Civil (DACC) do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), no Campus Florianópolis, centro, que ainda não possui projeto, mas possivelmente será adotado como base o projeto padrão de salas de aula.

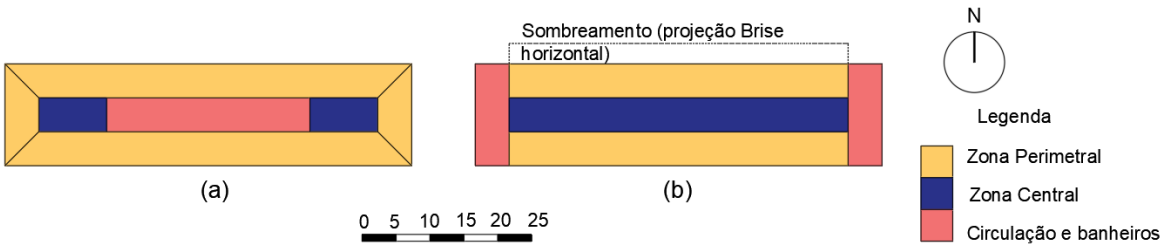
Por meio do método de simulação do INI-C serão diferentes casos de parâmetros construtivos serão analisados frente aos níveis de eficiência energética obtidos. Por fim, serão utilizadas matrizes de correlação, a fim de determinar quais estratégias apresentam maior influência nos modelos propostos.

3.1 O objeto de simulação

A planta padrão de blocos de salas de aula do IFSC é basicamente um retângulo, com salas de aula dos dois lados, e corredor no meio. Usualmente são 5 andares de sala aula, e o andar térreo sobre pilotis. Para a simulação foram propostos dois modelos de zoneamento das atividades para a simulação, ambos levando em consideração a área disponibilizada para construção do novo bloco no Câmpus, o plano diretor do Câmpus e o plano diretor da cidade de Florianópolis. Dessa forma, adotou-se uma área total construída de 900 m² com dimensões de 15 por 60 metros, com 6 pavimentos e pé direito de 3 metros.

A diferença entre os dois modelos consiste na divisão das zonas térmicas. Assim, o modelo 1 apresenta uma zona térmica central, representando as escadas, áreas de circulação e banheiros. Já o modelo 2 apresenta as circulações, banheiros e escadas nas laterais da edificação, conforme observado na Figura 1. Vale ressaltar que a orientação da edificação é voltada para norte nos dois modelos, e não foram variadas durante as simulações.

Figura 1 – Modelos adotados



Fonte: Os autores

3.2 Parâmetros construtivos analisados

As variáveis de entrada (parâmetros construtivos da edificação) serão parametricamente analisados com os dados de saída (resultados de desempenho energético daquela proposta). A Tabela 1 apresenta os parâmetros construtivos da envoltória que foram analisados, e que diretamente influenciam na caga térmica da edificação.

Tabela 1 – Medidas de eficiência energética adotadas

Parâmetro	Unidade	Valores adotados
Percentual de abertura das fachadas	%	30; 40;45;50; 60
Tipos de vidros nas fachadas	Adimensional	0,87 0,67
Transmitância térmica da cobertura	W/m²k	2,1 e 0,9
Transmitância térmica das paredes	W/m²k	2,9 ; 1,9 ; 0,9
Absortância das paredes e coberturas	Adimensional	0,3 0,5 0,7
Sombreamento na fachada norte e sul	Adimensional	Com e sem sombra
Dois modelos propostos	Adimensional	Modelo 1 e 2

Fonte: Os autores

Para os percentuais de aberturas foram adotados cinco valores: 30%, 40%, 45%, 50% e 60% em relação a área da fachada. No projeto padrão as janelas são em fita nas fachadas, desta forma o peitoril é que é variável. Quanto aos tipos de vidros, foram adotados fatores solares de 0,87 e 0,67, e espessura de 6 mm para ambos os vidros

Foram adotados três valores para as absortâncias das paredes e coberturas: 0,3 (cor clara), 0,5 e 0,7 (cor escura). Para as paredes, adotou-se três valores de transmitância térmica: 2,9 W/m²K, 1,9 W/m²K e 0,9 W/m²KJá para as coberturas foram adotados dois valores 2,9 W/m²K e 0,9 W/m²K. Foram escolhidos materiais que condizem com a realidade das edificações executadas em obras do IFSC, como paredes de bloco de concreto e lajes nervuradas, e a utilização de isolamento com EPS. Entretanto, vale lembrar que os valores de transmitância térmica são uma referência, visto que o que se pretende neste artigo é a avaliação paramétrica. O sombreamento de 1,20 metros de profundidade foi posicionado ao longo das fachadas norte e sul, para fazer sombra nas aberturas, conforme demonstrado esquematicamente em planta na Figura 1.

A análise da envoltória pelo método de simulação do INI-C consiste em comparar a carga térmica do edifício real (modelos propostos) com a do modelo de referência. O modelo de referência representa uma edificação nível "D", com valores de transmitância térmica das paredes e coberturas, ocupação, densidade de equipamentos e iluminação bem como o coeficiente de performance do sistema de ar condicionado (COP) padronizados, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Valores para modelo de referência INI-C (2019)

COP	Ocupação (m²/pessoa)	Iluminação (W/m²)	Densidade equipamento (W/m²)	Transmitância coberturas (W/m²-K)
2,6	1,5	15,5	9,7	2,06

Fonte: Adaptado INI-C.

Os modelos de simulação foram elaborados com as ferramentas *Euclid* para *Sketchup* e as simulações paramétricas foram processadas com o programa *JePlus*

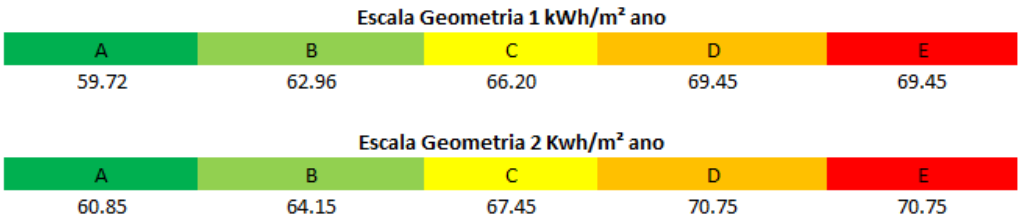
para *Energyplus*, utilizando o arquivo climático de Florianópolis. Os modelos propostos utilizaram padrões de ocupação, iluminação e ar condicionado idênticos ao modelo de referência do INI-C, uma vez que o sistema avaliado foi da envoltória. Quanto ao contato com o solo, todos os modelos foram simulados utilizando a classe *Ground Domain* do programa *EnergyPlus.*

A combinação de todas as estratégias de eficiência energética e os dois modelos de simulação resultou em um total de 720 simulações. Cada caso foi classificado de acordo com a proposta de atualização do INI-C, recebendo um nível variando de A até D. Com os resultados de classificação foi realizada uma análise por matriz de correlação, utilizando o valor de R^2 para obter a correlação entre os dados de entrada (características da envoltória) e a classificação do modelo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do método de simulação proposto pela INI-C permitiu calcular os níveis de eficiência energética para cada caso analisado, criando uma escala de referência para cada modelo com a carga térmica de refrigeração conforme conforme Figura 2 (QUEVEDO,2019).

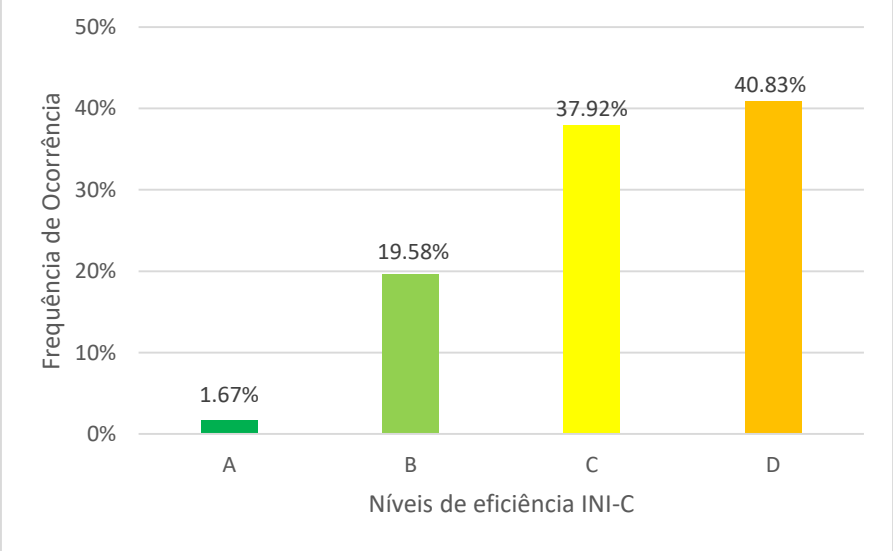
Figura 2 – Escala de eficiência dos modelos 1 e 2



Fonte: Quevedo (2019).

Com as escalas de referência, foi possivel classificar todas as possibilidades geradas pela simulação paramétrica. Os resultados para os 720 casos simulados estão apresentados no histograma de frequência dos níveis de eficiência energética alcançados, conforme Figura 3.

Figura 3 – Frequência de ocorrência dos níveis de eficiência energética



Fonte: Os autores

Observa-se que houve uma maior concentração de casos nível D (273 ocorrências) e apenas 12 casos nível A. As características das 12 edificações com níveis A de eficiência energética estão presentes na Tabela 3.

Tabela 3 – Diretrizes para nível A – INI-C

Transmitância cobertura W/m²K	Modelo	Sombra	Fator Solar	Absortância paredes e coberturas	Transmitância das paredes W/m²K	Percentual de abertura	Classificação
0,9	1	sim	0.60	0.3	2,9	40%	A
0,9	1	sim	0.60	0.3	2,9	30%	A
0,9	1	sim	0.60	0.3	0,9	30%	A
0,9	1	sim	0.60	0.3	1,9	30%	A
0,9	1	sim	0.60	0.5	2,9	30%	A
0,9	1	sim	0,87	0.3	2,9	30%	A
0,9	1	sim	0,87	0.3	2,9	40%	A
0,9	1	sim	0,87	0.3	1,9	30%	A
0,9	1	sim	0,87	0.5	2,9	30%	A
2,1	1	sim	0.6	0.3	2,9	30%	A
2,1	2	sim	0,60	0.3	2,9	30%	A
2,1	2	sim	0,87	0.3	2,9	30%	A

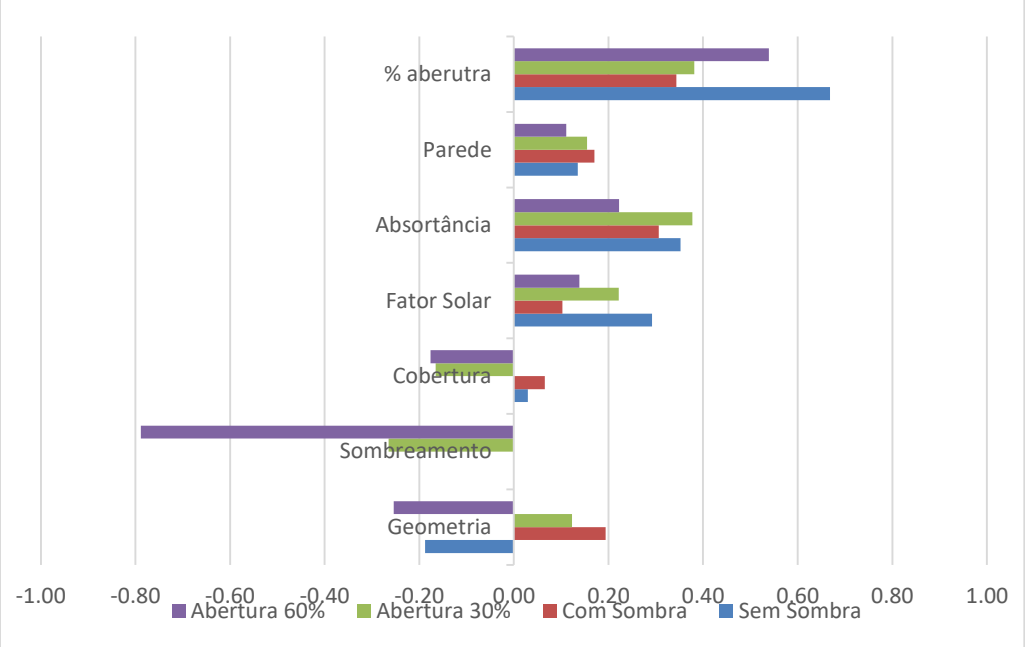
Fonte: Os autores

Observa-se, portanto, que o modelo 1, com a escada, banheiros e circulação no centro da edificação apresentou o maior número de casos nível A. Além disso, é possível observar que somente as edificações sombreadas atingiram o nível "A" de eficiência. A absortância de 0,3 para as paredes e coberturas também foi predominante, ocorrendo em 10 dos 12 casos. Por outro lado, os outros dados de entrada apresentaram ocorrência variada para os modelos estudados.

Ao analisar os demais resultados, observou-se que para os casos de nível "B" o sombreamento esteve presente em 89% das ocorrências. Os 11% sem sombras, utilizaram vidros com fatores solar de 0,60 e absortâncias de 0,3. Já os resultados "C" apresentaram como característica comum percentuais de aberturas maiores que 30%, aparecendo em 86% dos casos. Por fim, a análise dos casos nível "D" mostrou que 90% não tinham sombreamento e, os que apresentavam sombreamento possuíam percentuais de abertura maiores que 50% e absortâncias das paredes e coberturas de 0,7.

A análise inicial permitiu quantificar as medidas de eficiência energética mais recomendadas para os modelos analisados. Já a influência de cada parâmetro no dado de saída dos casos simulados, pode ser observada por meio da análise de correlação entre os níveis de eficiência e os parâmetros por meio das matrizes de correlação. O resultado pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Correlação entre os parâmetros



Fonte: Os autores

Os resultados apresentam uma análise de correlação, identificando quais são os pontos críticos que devem receber estratégias de eficiência energética durante a elaboração do projeto. Observa-se, portanto que o percentual de abertura possui uma influência maior em edificações sem sombreamento e que as absortâncias possuem maior influência em edificações com menor percentual de abertura.

Assim, a análise da Figura 4 serve como uma ferramenta para decisões de projeto, ou consultoria. Por exemplo, caso a equipe de projeto opte por trabalhar sem estratégias de sombreamento, deve-se adotar percentuais de aberturas de 30%. Observa-se que ao analisar a linha do sombreamento os percentuais de abertura de 60% apresentam uma correlação negativa de 0,8, indicando que esse percentual irá prejudicar o desempenho energético da edificação de maneira significativa.

5 CONCLUSÃO

Neste estudo foi realizada a avaliação da envoltória de um projeto padrão de um bloco de salas de aula do Instituto Federal de Santa Catarina, com o objetivo de classifica-la como nível "A" pela INI-C. Assim, por meio de simulações paramétricas, foi possível determinar o nível de eficiência energética para cada um dos modelos propostos.

Portanto, foi possível determinar as estratégias que levaram a atingir o nível "A" de eficiência energética para os modelos propostos. Assim, deve-se optar por percentuais de aberturas abaixo de 50%, cores claras e utilizar sombreamento horizontal. Observou-se que as matrizes de correlação funcionam como ferramenta para tomadas de decisão, evidenciando a relevância de cada medida de eficiência energética no desempenho da edificação.

Para trabalhos futuros, sugere-se aumentar a quantidade de parâmetros, avaliando

diferentes fatores de formas para as edificações, orientações, materiais, entre outros. Ainda é importante destacar que não foram avaliados questões de custos, que é uma etapa importante no desenvolvimento de um projeto. Assim, sugere-se ainda para trabalhos futuros avaliar o custo de cada estratégia adotada, a fim de auxiliar na tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

BEN. Balanço Energético Nacional 2019. Ano base 2018. EPE. Rio de Janeiro. 2019.

BRASIL. Instrução normativa nº 2, de 4 de Junho de 2014. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal 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. Lex: Diario Oficial da União, Brasília, 2014.

BRITO, A.C.P., BRITO, C.M.B., BORTOLOTTO, V.M., SILVA, C.F., AMORIM, C.N.D. O processo de projeto de edifício escolar: barreiras e perspectivas para o Conforto e a eficiência energética. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2019, João Pessoa. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2019.

EIA: Energy International Agency. Disponivel em: https://www.iea.org/

INMETRO. RTQ-C: Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Brasília, 2014.

INMETRO. RTQ-R: Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais. Brasília, 2014

WANG, J. C. A study on the energy performance of school buildings in Taiwan. Energy & Buildings, v. 133, p. 810–822, 2016.

WRIGHT, T. S. A. Definitions and frameworks for environmental sustainability in higher education. v. 15, p. 105–120, 2002.