XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8988

Qualificação Climática da Carta Solar – Uma contribuição à prática projetual

Climate Qualification of the Solar Chart – A contribution to design practice

Fabio Boni
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | arq.fabio.boni@gmail.com
Jocelise Jacques de Jacques
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | jocelise.jacques@ufrgs.br
Clarissa Sartori Ziebell
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | clarissa.ziebel@ufrgs.br

Resumo

As variáveis que envolvem um projeto de Arquitetura são numerosas e geralmente interdependentes. Inegavelmente, uma dessas variáveis é o clima do local onde pretende-se intervir com um projeto de edificação. Desta forma, o presente trabalho investe na iniciativa de disponibilizar matrizes climáticas, preferencialmente gráficas, que se apresentem na carta solar, com mais dados ao projeto que o habitual. Tem-se a intenção de adicionar informações climáticas principais, já relacionadas entre si, e que embora simplificadas em precisão, sejam suficientes para uma análise preliminar mais adequada à prática metodológica dos projetistas, desde os seus mais primários estudos iniciais, podendo evoluir a um nível de maior precisão, conforme a necessidade do projeto. Assim, exemplificaremos aqui, pela carta solar da cidade de Porto Alegre, lat. 30,03°Sul, associando-a aos dados climáticos locais. A metodologia apresentada pode ser replicada para qualquer outro município.

Palavras-Chave: Arquitetura bioclimática. Conforto higrotérmico. Carta solar qualificada. Sustentabilidade energética.

Abstract

The variables that involve an Architecture project are numerous and generally interdependent. Undeniably, one of these variables is the climate of the place, where it is intended to intervene with a building project. In this way, the present work invests in the initiative of providing climatic matrices, preferably graphic, that are presented on the solar map, with more data to the project than usual. It is intended to add main climatic information, already related to each other, and which, although simplified in precision, is sufficient for a preliminary analysis more adequate to the methodological practice of the designers, from their most primary initial studies yet capable of evolving to a higher level of precision as project requirements dictate. Thus, we will exemplify here, by the solar chart of the city of Porto Alegre, lat. 30.03°South, associating it with local climatic data. The presented methodology can be replicated for any other municipality.

Keywords: Bioclimatic architecture. Hygrothermal comfort. Qualified solar chart. Energy Sustainability.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8988

INTRODUÇÃO

Ao entendermos a envoltória arquitetônica, originalmente proposta, como sendo o abrigo às funções destinadas a um determinado local e uso, certamente as suas aberturas representam também um potencial rompimento na mesma, e consequentemente no abrigo aos eventos climáticos locais. É com relação a estes pontos de fragilidade que o presente trabalho visa contribuir objetivamente, desenvolvendo e oferecendo disponibilizar ao estudante ou profissional uma maior praticidade na utilização de certas ferramentas, ao nosso ver, indispensáveis, como a carta ou gráfico do movimento aparente do sol, na específica latitude do local onde se pretenda edificar, porém devidamente qualificada para a condição climática do mesmo.

Não se trata de novidade, ao contrário, este tema é trabalhado desde meados do século passado, com as clássicas publicações de Olgyay [1], Drysdale [2], Fanger [3], entre outros. O movimento se disseminou pelo mundo, e no Brasil desde as primeiras crises energéticas da década de 1970, e cresceu não somente com a participação dos mais recentes pesquisadores, mas também pelas fundamentais iniciativas acadêmicas, institucionais e mais recentemente as governamentais, focadas na sustentabilidade energética das edificações. Todos esses agentes tinham como ímpeto original a temática Bioclimática, ou da chamada “Bioarquitetura”, que busca o conforto ambiental natural, ou ao menos obter parte dele, por técnicas e diretrizes arquitetônicas que se aproveitem ao máximo do clima local, no que ele possa oferecer de positivo, ou defender-se dele. Diga-se que no início deste tipo de análise não se dispunha dos recursos tecnológicos de hoje, e as primeiras instalações de climatização artificial eram gigantes e onerosas, e portanto, evitadas.

Apesar dos avanços em tecnologia computacional que nos permitem simular várias condições da edificação, percebe-se hoje uma tendência a propostas edilícias um tanto semelhantes entre si, e que parecem de certa forma menosprezar as variáveis climáticas locais para onde são projetadas, principalmente nas áreas urbanas mais populosas, como em todas as capitais brasileiras, apesar das amplas diferenças climáticas existentes entre elas.

Estamos nos referindo aqui a edificações verticais com fins habitacionais e de comércio e serviços, que consomem mais de 50% de toda a energia gerada pelo País [4], e isto levando-se em consideração a crescente autogeração privada, por meios fotovoltaicos e outros. Portanto, este deixou de ser um assunto apenas relativo ao conforto ambiental dos usuários de espaços privativos, mas sim da sustentabilidade energética nacional.

Como hipótese, também se percebe por parte dos projetistas e dos empreendedores dessas edificações alguma persistente dificuldade em considerar os vários componentes climáticos, principalmente em relacioná-los objetivamente em suas propostas arquitetônicas. Mais recentemente observa-se a preferência por delegar toda e qualquer solução de conforto higrotérmico aos equipamentos de climatização artificial. Assim como também na luminotecnia, com a construção de cenários ambientais que visam, entre outras interessantes finalidades funcionais e estéticas, compensar o déficit da iluminação natural (amplamente disponível no País), bastante

reduzidas pela utilização de envidraçamentos reflexivos, ou de películas, originalmente utilizadas para o propósito de alguma redução na radiação solar.

É conhecido o clima da cidade de Porto Alegre/RS, com as suas demandas frente à radiação solar. Trata-se de um clima classificado como Subtropical Úmido, caracterizado por verões muito quentes e invernos frios, e que não raro dispõem em um único dia, variações de temperatura de até 20°C e uma média anual de umidade acima de 76%, situação essa localizada fora da "zona de conforto", segundo trabalho de Olgyay [1]. Como recordes, foram registradas temperaturas de 40,7°C no verão e de (–) 1,9°C no inverno [5].

Neste contexto é importante considerar a necessidade de proteção das aberturas de uma edificação frente às radiações solares junto ao solstício de verão, e o mesmo ocorre quanto às tentativas de captação de radiações junto ao solstício de inverno. Contudo, esta abordagem primária está considerando apenas os limites de um percurso solar que se distanciam pelo período de meio ano, deixando de lado um amplo intervalo entre estes dois extremos. Além do mais, para um projeto de proteção das aberturas deve-se compreender quando ele será necessário, o que pode ser feito pela análise da combinação de temperatura e umidade a cada hora do dia. Sendo assim, como auxiliar o projeto de um dispositivo de sombreamento que considere a combinação de variáveis climáticas durante todo o ano? Nestes momentos a simples intuição pode não ser suficiente, e a carta solar não contém todas as informações necessárias, pois é uma locação astronômica, válida para todas as localidades do planeta com a mesma latitude, e certamente com realidades climáticas diferentes. Não basta saber onde o sol estará, mas principalmente se em determinado momento o clima local estará provavelmente receptivo ou não à esta sua radiação.

OBJETIVO

Este presente trabalho tem como objetivo a criação de uma carta solar qualificada, para a cidade de Porto Alegre/RS, por meio da inserção de dados de sensação térmica. A sensação térmica é registrada na carta através de um gráfico de cores.

Observa-se que esta condição indicará ao projetista, ao menos em nível simplificado, os momentos cujo sombreamento das aberturas será necessário ou, ao contrário, a captação solar deverá ser permitida. Assim, com a utilização desta ferramenta, poderão ser projetados protetores externos do tipo passivos.

METODOLOGIA

A metodologia adotada para que se alcance o objetivo do presente trabalho, de qualificação da carta solar de Porto Alegre, segue as seguintes etapas.

OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS

O procedimento se inicia com a obtenção da carta solar por meio da ferramenta *Sun Earth Tools* e considerando a latitude de 30,032801 SUL e longitude de 51,2204236 OESTE (na área central de Porto Alegre). Nesta carta, foram destacados os dias 21 dos meses de março, junho, setembro e dezembro, dia este selecionado em função das datas dos solstícios e equinócios, e da equidistância entre os roteiros solares anuais.

Na etapa seguinte, a fim de identificar um dia típico de cada mês, calcularam-se, com base em dados de um período de 10 anos, obtidos através do INMET (2026) [5], as médias de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) para cada hora do dia, e para cada dia de cada mês. Com esses dados, calcularam-se as médias aritméticas simples de cada horário desses dias. De forma a verificar a qualidade dos dados obtidos, foram confrontadas as grandezas obtidas com as médias máximas e mínimas também de temperatura e umidade, mensais e anuais apresentadas pelo INMET (2026) [5], em planilha condensada.

CÁLCULO DA SENSAÇÃO TÉRMICA

Visto que a carta solar qualificada pretendida neste trabalho deve relacionar dados de temperatura e umidade relativa do ar de forma conjunta, optou-se por trabalhar com a sensação térmica. Assim, de posse das médias horárias de temperatura e umidade relativa do ar, foi calculada a Sensação Térmica de cada horário solar, a partir da fórmula simplificada de Steadman (1984) [13], adaptada para a utilização em graus centígrados (Equação 1):

$$\mathbf{ST} = T + 0{,}35 \cdot (e - 10) \qquad \text{Equação 1}$$

onde,
ST : Sensação Térmica (ou Temperatura aparente), em °C;
T: Temperatura do ar (bulbo seco), em °C;
e: Pressão de vapor de água real em hectopascais (hPa), na equação 2;
0,35: Constante de ajuste de proporcionalidade do índice de calor;

A variável “e”, por sua vez, é calculada pela equação 2 (Clausius – Clapeyron): onde

$$e = 6{,}11 \times exp\left[5417{,}753 \times \left(\frac{1}{273{,}16} - \frac{1}{273{,}16 + T}\right)\right] \times \frac{UR}{100} \qquad \text{Equação 2}$$

Onde,
UR: Umidade Relativa do ar, em %;
5417,753: Constante baseada no calor latente de evaporação;
273,16: Constante de conversão para a escala Kelvin.

DEFINIÇÃO DE UMA ZONA DE CONFORTO

Com base no levantamento apresentado no Quadro 1 e na equação de Steadman [13], é definida a zona de conforto a ser utilizada em Porto Alegre. Os limites de desconforto por calor, assim como também por frio, foram estabelecidos a partir dos menores valores de sensação térmica reportados na literatura como o início da zona de conforto, acima e abaixo da mesma. Observamos que isto inclui a própria zona de conforto como uma a ser também merecedora de cuidados (radiações médio críticas), visto que admitir a adição de radiação solar nestes horários em aberturas, seria provocar o aumento das temperaturas internas, e por consequência, o prejuízo àquela situação de conforto.
Desde o início do século XX, muitos foram os autores que desenvolveram trabalhos na área do conforto térmico em edificações, o que levou ao estabelecimento de diversas faixas de conforto térmico, que geralmente possuem relação com a temperatura e

umidade relativa do ar, normalmente dispostas em gráficos psicrométricos. O Quadro 1 apresenta um resumo desses trabalhos.

Quadro 01: Levantamento dos principais trabalhos relacionados à zona de conforto

Autor	Faixa de Conforto	País de Origem
OLGYAY, VICTOR e OLGYAY, ALADAR [01]	Entre 20°C a 28,5°C, com UR entre 30% a 65%	Hungria
GIVONI, BARUCH [6]	Entre 18°C a 27°C, com UR entre 20% a 80%.	Israel
FANGER, OLE [3]	Em geral, 20°C (inverno) e 24°C (verão), com UR entre 30% e 70%.	Dinamarca
AROZTEGUI [7]	Entre 21°C e 26°C, com UR entre 40% e 70%.	Espanha
ASHRAE Standard 55 [8]	Segue o modelo de Fanger [10]. Em geral é definida a faixa entre 21°C e 26°C, com UR máxima em 65%.	Estados Unidos
ISO 7730 [9]	Baseada no modelo de Fanger. Faixa definida entre 20°C e 24°C, com UR entre 30% a 70%.	Estados Unidos
NBR 16401-2 [10]	Estabelece parâmetros de conforto térmico para ambientes internos, atualizada com base na ASHRAE 55. No geral, definida entre 20°C e 23°C com UR mínima de 40%.	Brasil
Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil [11]	Variável conforme a estação, no geral entre 20°C e 26°C, e UR entre 40% e 80%.	Brasil
LABEEE [12]	Entre 22°C e 25°C, e UR entre 30% e 60%.	Brasil

Fonte: Autores (2026).

ELABORAÇÃO DA CARTA SOLAR CLIMATICAMENTE QUALIFICADA

Na quarta e última etapa a sensação térmica calculada para o ano todo para a cidade de Porto Alegre foi classificada conforme a zona de conforto definida na etapa anterior. Esses resultados foram então plotados sobre a carta solar, o que levou a obtenção da carta solar climaticamente qualificada. Os resultados são apresentados a seguir.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos nas duas primeiras etapas deste trabalho. A Figura 1 e a Figura 2 contêm as médias horárias de temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente, para cada horário de cada mês, obtidas a partir de dados levantados em um período de 10 anos.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8988

Figura 01 – Distribuição mensal por horários diurnos das Temperaturas Médias bulbo seco (Tbs) para Porto Alegre/RS.

TEMPERATURA REAL bulbo seco (Média do horário no mês, à sombra) (°C) Porto Alegre/RS

HORA/MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
00:00	23,8	23,8	22,5	19,5	16,5	13,8	12,8	14,8	15,8	18,5	20,1	22,1
01:00												
02:00			Equinócio			Solstício			Equinócio			Solstício
03:00			OUTONO			INVERNO			PRIMAVERA			VERÃO
04:00												
05:00	21,3										17,4	19,4
06:00	21,8	21,8	20,8	17,8				12,9	13,9	16,8	18,0	20,0
07:00	22,8	22,8	21,7	18,7	15,7	12,9	11,9	13,9	14,9	17,7	19,2	21,2
08:00	24,1	24,1	22,9	19,9	16,9	14,2	13,2	15,2	16,2	18,9	20,6	22,6
09:00	25,7	25,7	24,2	21,2	18,2	15,6	14,6	16,6	17,6	20,3	22,3	24,3
10:00	27,2	27,2	25,5	22,5	19,5	17,1	16,1	18,1	19,1	21,5	23,5	25,9
11:00	28,5	28,5	26,7	23,7	20,7	18,5	17,5	19,5	20,5	22,7	25,3	27,3
12:00	29,4	29,4	27,5	24,5	21,5	19,5	18,5	20,5	21,5	23,5	26,4	28,4
13:00	30,0	30,0	28,0	25,0	22,0	20,0	19,0	21,0	22,0	24,0	27,0	29,0
14:00	30,0	30,0	28,0	25,0	22,0	20,0	19,0	21,0	22,0	24,0	27,0	29,0
15:00	29,4	29,4	27,5	24,5	21,5	19,5	18,5	20,5	21,5	23,5	26,4	28,4
16:00	28,5	28,5	26,7	23,7	20,7	18,5	17,5	19,5	20,5	22,7	25,3	27,3
17:00	27,2	27,2	25,5	22,5	19,5	17,1	16,1	18,1	19,1	21,5	23,9	25,9
18:00	25,7	25,7	24,2	21,2	18,2	15,6	14,6	16,6	17,6	20,3	22,3	24,3
19:00	24,1	24,1	22,9	19,9				15,2	16,2	18,9	20,6	22,6
20:00	23,3	23,3								18,1	19,6	21,6
21:00						PERÍODO NOTURNO						
22:00												
23:00												

CONVENÇ. NO PERÍODO DIURNO: CINZA CLARO= 1/2 HORÁRIO SOL fonte: INMET (processamento e grafico do autor)
OBS: Picos registrados desde 1931: (-) 1,9°C (junho), e (+) 40,7°C (janeiro).

Figura 02 – Distribuição mensal por horários diurnos das Umidades Relativas (UR%), para Porto Alegre/RS.

UMIDADE RELATIVA DO AR - Período DIURNO (Média do horário no mês) (%) Porto Alegre/RS

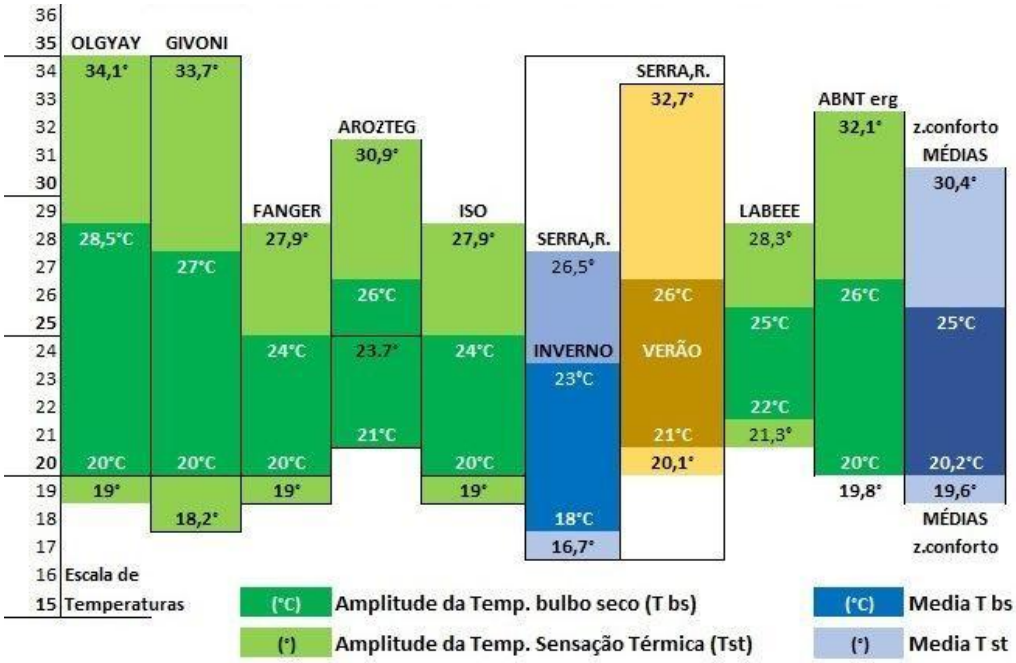
HORA/MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
00:00												
01:00												
02:00			Equinócio			Solstício			Equinócio			Solstício
03:00			OUTONO			INVERNO			PRIMAVERA			VERÃO
04:00												
05:00	88,5%					PERÍODO NOTURNO					88,0%	87,0%
06:00	87,0%	88,5%	91,5%	93,0%				91,0%	89,5%	89,5%	86,5%	85,5%
07:00	84,0%	85,0%	89,0%	90,5%	91,5%	92,0%	90,0%	88,5%	86,5%	86,5%	83,5%	82,5%
08:00	78,5%	80,5%	84,0%	86,0%	87,5%	88,0%	85,5%	84,0%	81,0%	81,0%	78,0%	77,0%
09:00	71,5%	73,5%	78,0%	80,5%	82,5%	83,0%	80,0%	78,5%	74,0%	74,5%	71,5%	70,5%
10:00	65,0%	67,0%	72,0%	75,0%	77,5%	78,0%	75,0%	73,0%	68,5%	68,5%	65,5%	64,5%
11:00	60,0%	62,0%	67,5%	70,5%	73,5%	74,0%	71,0%	68,0%	64,0%	64,0%	61,0%	60,0%
12:00	56,5%	58,5%	64,0%	67,5%	70,5%	71,0%	68,0%	65,5%	61,0%	61,0%	57,5%	56,5%
13:00	54,0%	56,0%	61,5%	65,0%	68,5%	69,0%	66,0%	63,0%	58,5%	58,5%	55,0%	54,0%
14:00	54,0%	56,0%	61,5%	65,0%	68,5%	69,0%	66,0%	63,0%	58,5%	58,5%	55,0%	54,0%
15:00	56,0%	58,5%	64,0%	67,5%	70,5%	71,0%	68,0%	65,0%	61,0%	61,0%	57,5%	56,5%
16:00	60,0%	62,0%	67,5%	70,5%	73,5%	74,0%	71,0%	68,5%	64,0%	64,0%	61,0%	60,0%
17:00	65,0%	67,0%	72,0%	75,0%	77,5%	78,0%	75,0%	73,0%	68,5%	68,5%	65,5%	64,5%
18:00	71,5%	73,5%	78,0%	80,5%	82,5%	83,0%	80,0%	78,5%	74,5%	74,5%	71,5%	70,5%
19:00	78,5%	80,0%	84,0%	86,0%				84,0%	81,0%	81,0%	78,0%	77,0%
20:00	81,0%	82,0%								88,0%	80,5%	79,5%
21:00						PERÍODO NOTURNO						11,0
22:00												
23:00												
MÉDIAS	68,17%	69,14%	73,89%	74,46%	77,00%	77,50%	74,63%	79,38%	70,75%	70,79%	68,50%	68,72%

CONVENÇ. NO PERÍODO DIURNO: PRETOS = UR > 70%; CINZAS: UR>60 fonte: INMET (processamento e gráfico do autor)

Conforme apresentado na metodologia, tendo como base o levantamento resumido no Quadro 1 e a equação de Steadman [13], pôde-se gerar o gráfico apresentado na Figura 3. Nela, estão plotadas as faixas de conforto térmico (limitadas pela temperatura do ar) definidas por cada autor. Além disso, estão também plotadas as sensações térmicas, calculadas conforme as temperaturas e umidades relativas

máximas do ar estabelecidas em cada um dos trabalhos. Observa-se que Fanger [3] e a ISO 7730 [13] definem os menores limites de temperatura e sensação térmica para o desconforto por calor, correspondentes a 24°C e 27,9°C, respectivamente. Em contrapartida, Aroztegui [7] estabelece o maior limite de temperatura e sensação térmica para o desconforto por frio, correspondente a 21°C.

Figura 3: Comparativo entre definição das Zonas de Conforto Térmico (Temp. bulbo seco - Tbs) e Higrotérmico (Sensação térmica – Tst), dos autores citados.

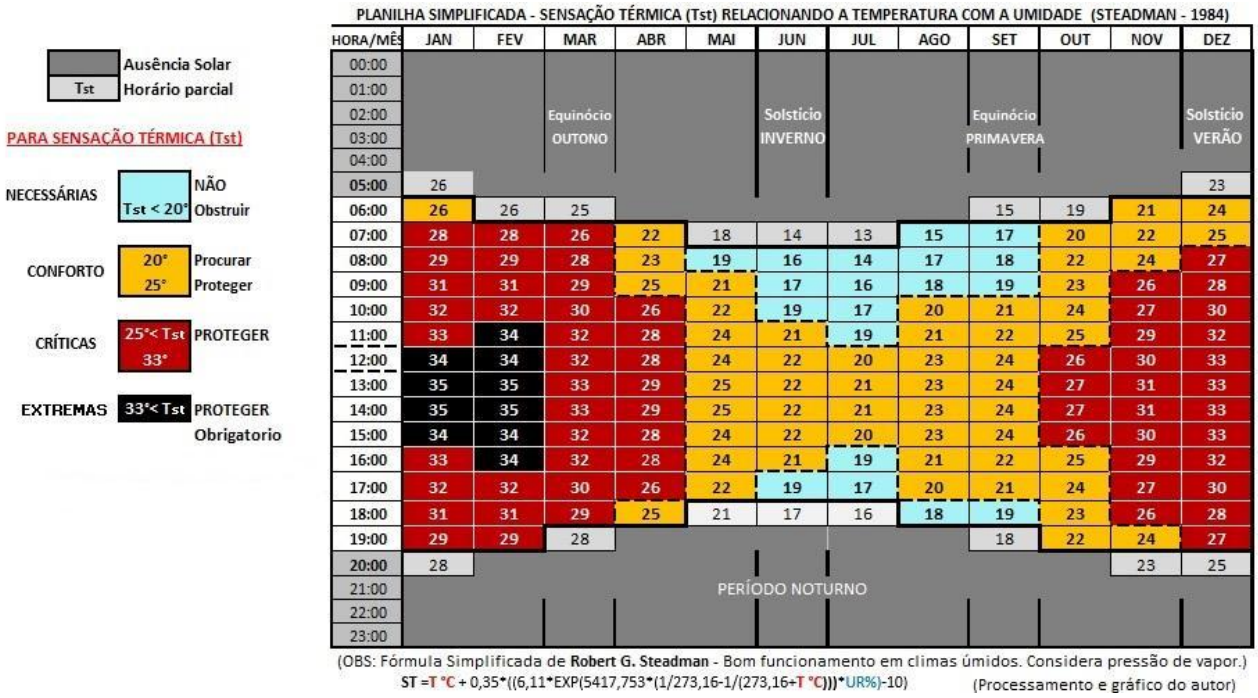


Nota: A sensação térmica (Tst) foi calculada pela fórmula simplificada de Steadman (1984), considerando a contextualização. Processamento e gráfico dos autores.

Em seguida, foi calculada a sensação térmica para cada hora, com base nos dados apresentados na Figura 1 e na Figura 2. Os resultados foram então classificados conforme a zona de conforto estabelecida na etapa anterior. A diferenciação por cores, observada na Figura 4, foi realizada para destacar a classificação da sensação térmica conforme a zona de conforto. Em azul, encontram-se as sensações térmicas abaixo de 20°C, limite inferior da zona de conforto estabelecida para este trabalho, quando o sol é desejável para evitar a sensação de frio. As sensações térmicas entre 20 e 25°C (amarelo) estão na zona de conforto, logo considera-se como sendo uma situação intermediária, onde é interessante procurar proteger as aberturas (amarelo). Em vermelho (sensação térmica entre 25 e 33°C), sendo a situação crítica, e preto (sensação térmica acima 33°C) destacam-se as situações críticas extremas, onde o sombreamento é imperativo. O valor de 33°C foi obtido por meio da média dos 5 valores (Tst) mais elevados, por considerarem altos valores de umidade relativa, como é o caso de Porto Alegre.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8988

Figura 4: O quadro à direita demonstra a distribuição da sensação térmica (Tst) anual para Porto Alegre. Nas convenções à esquerda, a qualificação adotada para cada Tst, na escala de conforto.



Fonte: INMET (2026) com processamento gráfico dos autores

DEFINIÇÃO DA CARTA SOLAR QUALIFICADA

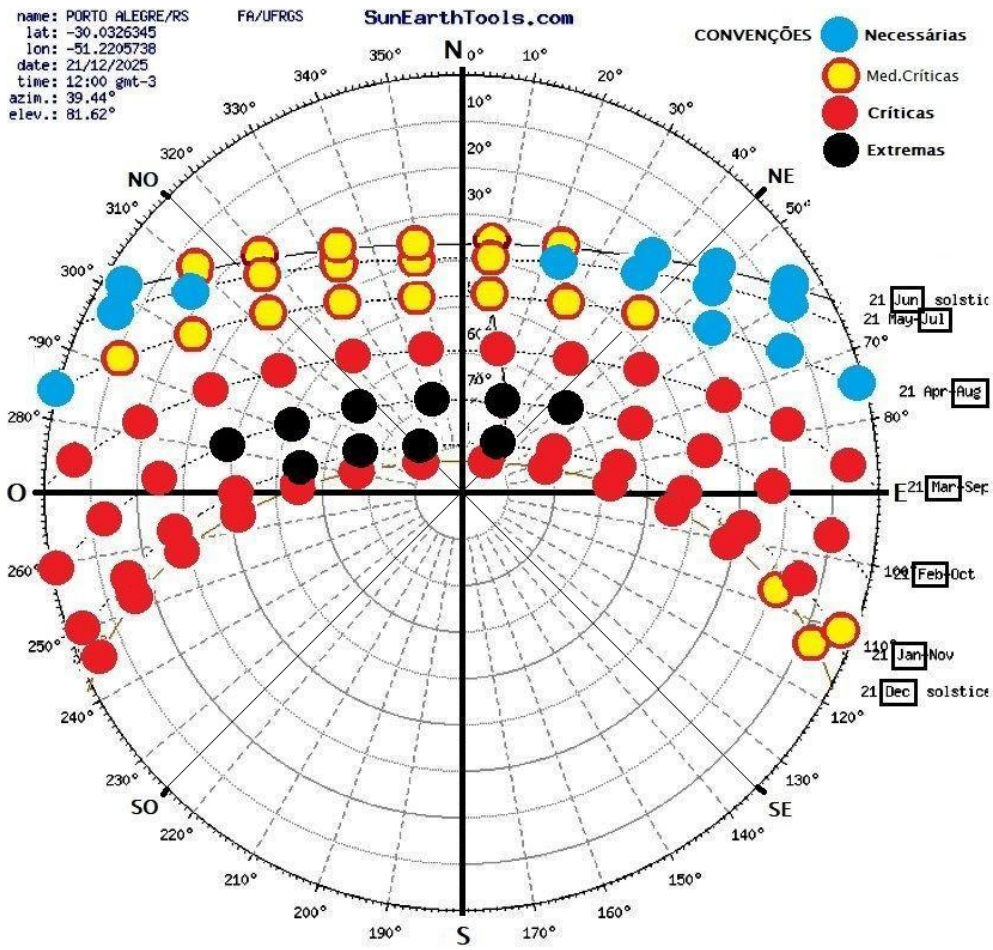
Com base nos resultados apresentados na Figura 4, pôde-se elaborar a carta qualificada para o clima de Porto Alegre/RS (Figura 5), que leva em conta não somente a temperatura, mas também a umidade relativa do ar, que possui forte presença da nesta região (76,6% como média anua). O mapeamento qualitativo fora obtido relacionando as temperaturas e umidades relativas demonstradas nos quadros anteriores (Figuras 01 e 02), e com a utilização da fórmula simplificada de Steadman [13], também já referida.

Observa-se também que os diagnósticos e suas recomendações são definidos hora a hora, em 146 diferentes momentos solares distribuídos pela faixa solar que atinge a cidade de Porto Alegre. Constituindo-se, assim, em uma base para a antevisão das situações de cuidado ao propor qualquer decisão já no início do projeto. Ainda, caso não seja possível evitar, permite também antever o tipo de situação que o projetista terá a resolver, logo em seguida nas suas aberturas, ou a necessidade de correções mais detalhadas.

É importante também salientar que na carta solar nos restringimos ao estudo de momentos diurnos, enquanto que as médias diárias ou mensais de temperatura e umidade que dispomos geralmente consideram também os períodos noturnos. O foco deste trabalho é o sol e sua potencial influência no conforto higrotérmico, de horários específicos de radiação solar crítica, e portanto, exclusivamente em períodos diurnos. Exemplos de aplicação da carta, para 8 diferentes orientações, são apresentados na Figura 6. Na Figura 7 são mostradas sugestões de máscaras de sombras.

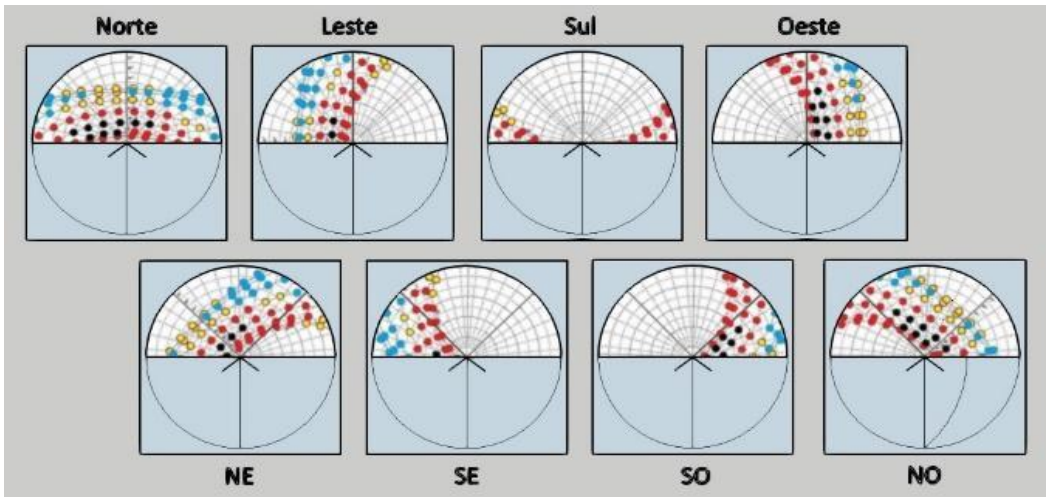
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8988

Figura 5 – Carta Solar qualificada para Porto Alegre/RS, conforme os dados processados, apresentados e comentados anteriormente (Objetivo do trabalho).



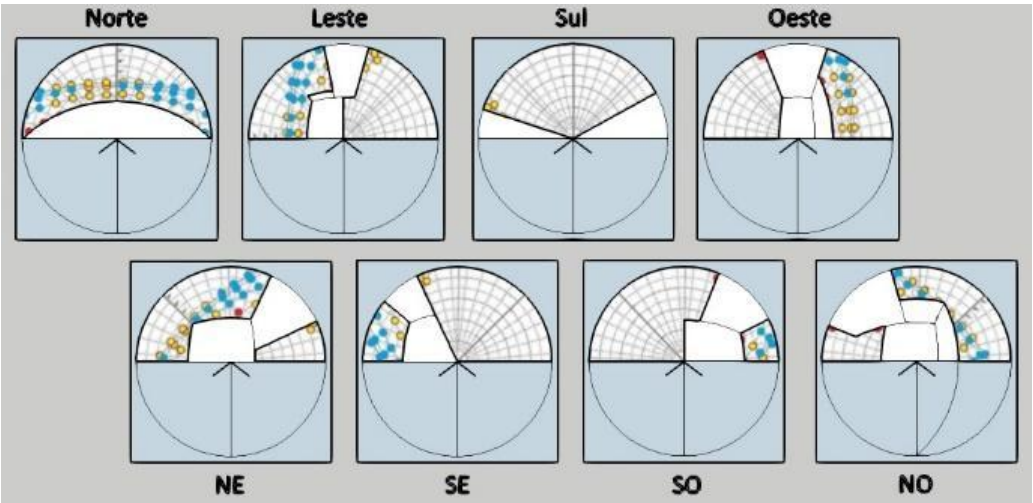
Fonte: Autores (2026).

Figura 6: Situações diagnósticas geradas com a carta qualificada, nas oito orientações.



Fonte: Autores (2026)

Figura 7: Máscaras de Sombra sugeridas para as oito orientações da Figura 6.



Fonte: Autores (2026).

CONCLUSÃO

Considerando os resultados dos procedimentos relatados, assim como no resultado final do presente trabalho, vimos alcançar, além dos nossos objetivos iniciais, uma ferramenta mais completa, embora muito simples em sua lógica, mas que contenha os principais alertas aos projetos para Porto Alegre, enquanto ao seu final, não apresenta somente dados sobre a trajetória solar na Cidade, mas acima de tudo, uma personificação qualitativa sobre a relação entre radiação solar e o clima, em cada momento do ano.

Por este motivo, talvez estejamos substituindo a precisão e, principalmente também as inevitáveis e perigosas decisões meramente intuitivas, por diretrizes mais práticas, gráficas e diretas, por decisões preliminares de projetos e melhor fundamentadas.

Reconhecendo a necessidade dos sistemas de climatização e iluminação artificial, muitas vezes indispensáveis em quase todos os ambientes de permanência mais prolongada, acredita-se que, se observadas algumas recomendações, pode-se utilizar toda a tecnologia disponível de uma forma mais eventual e corretiva, e não de forma habitual e corriqueira. Considerando o plano de fundo deste trabalho, todas as formas de se evitar o alto consumo de energia elétrica, virá em favor de partidos arquitetônicos mais adequados à sustentabilidade energética.

Ao final observamos que, considerando-se a validade, agora bastante restrita e personificada desta carta solar climatologicamente qualificada, exclusivamente para a cidade de Porto Alegre/RS, fica a sugestão para que os demais municípios possam também elaborar a sua. Julgamos que isso certamente será de um amplo auxílio à produção da Arquitetura e Urbanismo locais, com a tendência a uma maior sustentabilidade para todos.

A praticidade de unirmos, em um único gráfico, a localização solar, e a sua provável classificação de desejabilidade solar frente ao clima de Porto Alegre, especificamente fornece ao projetista não apenas um retrato instantâneo do que, e quando, ocorre no conforto ambiental da cidade, mas principalmente uma ferramenta geométrica com a qual finalmente ele possa projetar os melhores alinhamentos para as suas fachadas,

ou prevenir as respectivas defesas nas formas de seus futuros volumes, ou de suas aberturas.

Destacamos, como limitação deste trabalho, a desconsideração da ventilação natural em nossos estudos, pelo motivo que, em nossa Capital o fenômeno tem uma participação muito variável e bastante complexa.

Sem dúvida ela pode representar nos dias quentes alívios bastante eventuais, mas a característica predominante, em locais de grande densidade volumétrica das edificações, como nos centros urbanos, é a inconstância e multidirecional. Porém, ao decidirmos usar a fórmula de Steadman [13], configurada para ambientes abertos à sombra, a velocidade basal de 1,4m/s já vem considerada, e talvez melhor se aproxime da efetiva redução de velocidade na ventilação predominante de verão (direção Leste/Sudeste) na região central de Porto Alegre, que é bastante diferente dos dados coletados nas estações meteorológicas. Para melhor analisar definitivamente a questão em qualquer projeto, supomos que seja adequado um exame mais específico e realista caso a caso.

DECLARAÇÃO

Durante a investigação o primeiro autor utilizou o Google Gemini para auxiliar na busca de informações sobre a forma de relacionar grandezas climáticas, a fim de obter a sensação térmica do ambiente. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] OLGYAY, Victor; OLGYAY, Aladar. **Design With Climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism.** USA, Princenton University Press, 1963.

[2] DRYSDALE, J. W. **Designing houses for Australian climates**. 3. ed. Canberra: Australian Govt. Pub. Service, 1975. 50 p. (Bulletin - Experimental Building Station (Australia), n. 6).

[3] FANGER, P. O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering.** New York: McGraw-Hill, 1970.

[4] BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Eficiência energética em edifícios: um importante vetor de desenvolvimento.** Brasília, DF: MME, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/eficiencia-energetica-em-edificios-um-importante-vetor-de-desenvolvimento. Acesso em: 25 maio 2026.

[5] BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia. **INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.** Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Pecuária, [2026]. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/. Acesso em: 25 maio 2026.

[6] GIVONI, Barusch. **Climate Considerations in Buildings and Urban Design**. USA, New York, 1998.

[7] AROZTEGUI, J. M. Método para Projeto e Avaliação de Para-Sóis Externos, Visando a Otimização do seu Desempenho Térmico para um Clima Dado. Porto Alegre: CPGEC/UFRGS 1980. Caderno Técnic

[8] AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE Standard 55-2023:** thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2023. Disponível em: https://www.ashrae.org/technical-

resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy. Acesso em: 25 maio 2026.

[9] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730:2005:** ergonomics of the thermal environment — analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva: ISO, 2005. Disponível em: https://www.iso.org/standard/39155.html. Acesso em: 25 maio 2026.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 16401-2: instalações de condicionamento de ar — sistemas centrais e unitários — parte 2: parâmetros de conforto térmico*. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

[11] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17): ergonomia**. Brasília, DF: MTE, [2026]. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-17-nr-17. Acesso em: 25 maio 2026.

[12] UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE). **LabEEE**. Florianópolis: UFSC, [2026]. Disponível em: http://labee.ufsc.br. Acesso em: 25 maio 2026.

[13] STEADMAN, Robert, G. "**Uma Escala Universal de Temperatura Aparente**" Journal of Climate and Applied Meteorology, Vol 23, Nº 12, pp. 1674 – 1687, Dez 1984, ISSN: 1558-8424.