ARQSOLAR: UMA FERRAMENTA ANDROID PARA O ESTUDO DAS CARTAS SOLARES

Fernando Sá Cavalcanti (1)
(1) Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, fernando.antonio@fau.ufal.br, Cidade Universitária – Campus A. C. Simões. Tabuleiro do Martins. CEP 57072 970 – Maceió – AL Tel: +55 82 3214 1286

RESUMO
Este artigo pretende apresentar uma ferramenta para dispositivos móveis com sistema Android e difundir o conhecimento das cartas solares, tornando-se um instrumento de auxílio didático para o ensino de conforto ambiental e análise de insolação nas edificações. O uso de metodologias ativas no ensino de conforto ambiental exige a participação direta do estudante no processo de ensino e aprendizagem e atualmente, as ferramentas que se tem disponíveis estão associadas ao uso de um computador. Este aplicativo surge como uma alternativa para que os estudantes possam utilizar em seu próprio dispositivo móvel e assim garantir maior autonomia nas discussões conceituais e projetuais, evitando também a permanência em Laboratórios de Informática, espaços que costumam ser confinados e sem ventilação natural. O ArqSolar pretende contribuir para a mudança de paradigmas no ensino de conforto ambiental, tornando o conteúdo compreensível mais rapidamente e garantindo mobilidade na busca por informações, um desafio urgente da atualidade.
Palavras-chave: Ensino de Conforto Ambiental. Cartas Solares. Sistema Android.

ABSTRACT
This paper aims to present a tool for mobile devices with Android system and spread the knowledge of solar charts, becoming a didactic aid instrument for teaching environmental comfort and analysis of sunstroke in buildings. The use of active methodologies in the teaching of environmental comfort requires the direct participation of the student in the teaching and learning process and currently, the tools that are available are associated with the use of a computer. This application appears as an alternative for students to use on their own mobile device and thus ensure greater autonomy in conceptual and design discussions, while also avoiding staying in Computer Labs, spaces that are usually confined and without natural ventilation. ArqSolar intends to contribute to changing paradigms in the teaching of environmental comfort, making content understandable more quickly and ensuring mobility in the search for information, an urgent challenge nowadays.
Keywords: Teaching Environmental Comfort. Solar Charts. Android system.

1. INTRODUÇÃO

As cartas solares, ou simplesmente diagramas solares são dispositivos que possibilitam a análise e identificação do movimento aparente do sol em uma determinada localidade. Diversos estudos descrevem este diagrama em que é possível sobrepor instrumentos como transferidor solar para o auxílio no processo de projeto de brises ou elementos de obstrução da radiação direta do sol nas edificações para uma melhor qualidade espacial (MAZRIA, 1979; DUFFIE e BECKMAN, 2006; SZOKOLAY, 2008; KALOGIROU, 2009; CHWEDUK, 2011). Dentre as suas principais funcionalidades no campo da arquitetura e urbanismo estão a localização do sol e o projeto de dimensionamento de protetores solares.

As disciplinas de conforto ambiental são obrigatórias para a formação dos profissionais de Arquitetura e Urbanismo e dentro desta área do conhecimento, o uso correto das cartas solares é de extrema importância no processo de ensino e aprendizagem. Produzidas por meio de projeções estereográficas, ortográficas e equidistantes, indicam o movimento aparente do sol em relação a uma determinada latitude e tornam possível a compreensão da tendência de incidência da radiação solar nas edificações projetadas para esta localidade.

Estes diagramas auxiliam tanto na elaboração do desenho urbano quanto no projeto de edificações. Uma análise e compreensão adequada destes diagramas, podem por exemplo, evitar a "implantação de avenidas em que o encantamento provocado pelo sol poente acarretaria desastres automobilísticos e desconforto visual", além de contribuir também para o projeto de dispositivos de proteção solar e escolha das melhores orientações para a implantação de uma determinada edificação (BITTENCOURT, 2015).

Além destas funcionalidades, as cartas solares possibilitam a identificação do posicionamento do sol em um determinado dia e hora do ano por meio de seus ângulos de localização: azimute (ângulo horizontal em relação ao Norte, que varia de 0º a 360º) e altura solar (ângulo vertical em relação ao horizonte e que varia de 0º a 90°).

Segundo López-Salazar (2016), há grande variedade de informação sobre as cartas solares em livros e artigos científicos, contudo é na internet e por meios digitais que se encontram, atualmente, a maior quantidade de informações e imagens a respeito do assunto. O autor também menciona a dificuldade em ensinar a leitura destes diagramas para aplicação prática nos projetos arquitetônicos e reforça a importância da utilização deste instrumento na concepção projetual, contribuindo para a construção de métodos pedagógicos práticos de simulação da luz solar com uso de maquetes, sejam virtuais ou físicas.

Durante o ensino de conforto ambiental e consequentemente o ensino do uso das cartas solares por arquitetos, utiliza se com bastante frequência o software SOL-AR (LABEEE, 2009), desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina e disponível para computadores e notebooks. No entanto, o uso desta ferramenta em sala de aula exige em muitos casos, o deslocamento para um laboratório de informática onde cada discente possa utilizar um equipamento ou limita-se a uma demonstração pelo professor, transformando o estudante em mero ouvinte, sem participação direta e colaborativa no processo de aprendizagem. Este software também é bastante utilizado em escritórios de arquitetura durante o processo projetual na tomada de decisões iniciais.

Compreender o movimento aparente do sol é fundamental para propor dispositivos de proteção solar nas edificações. As cartas solares permitem prever qualitativamente os ganhos de calor pela envoltória da edificação (paredes, aberturas e coberturas), tornando-se um importante aliado no processo de elaboração de edificações adaptadas ao clima da localidade (EJROUSHI et al, 2013).

No entanto, os dispositivos móveis devem ser considerados como ferramentas de suporte ao ensino, pois encontram-se cada vez mais presentes na vida das pessoas, sendo transportados para praticamente todos os locais. Pensar em estratégias ativas para o ensino por meio destes dispositivos apresentam um grande potencial na aceitação como suporte ao processo de ensino e aprendizagem (SANTOS e SANTOS, 2015).

Vale ressaltar que no ensino de conforto ambiental, o uso de computadores em alguns momentos é primordial, principalmente no que se refere ao processo de simulações computacionais e análises projetuais paramétricas. Porém, a crescente utilização dos *Smartphones* e *Tablets* é percebida quando se observa o crescimento exponencial de aplicativos *on* e *offline* disponíveis e desenvolvidos especialmente para esses dispositivos (DOMINGO, M.G.; GARGANT, A. B, 2016).

Assim como no processo de elaboração e desenho de projeto de arquitetura, onde as ferramentas manuais foram perdendo cada vez mais espaço para o desenho auxiliado por computador ou modelagem das informações do edifício (CAD e BIM), o processo de análise projetual, especificamente neste caso, de conforto ambiental, as ferramentas digitais têm ganhado cada vez mais espaço, por sua rapidez na resposta das informações solicitadas, dispensando cálculos e elaborações de diagramas manuais.

Este cenário cria condições para o desenvolvimento de atividades de ensino-aprendizagem com dispositivos móveis e portáteis. Com isso, o processo se apropria de celulares e smartphones para práticas de

aprendizagem móvel, utilizados com objetivos pedagógicos para apoiar o processo de ensino-aprendizagem (TAROUCO et al., 2004).

Diante disto, o uso de dispositivos móveis apresenta uma tendência a incrementar o ensino-aprendizagem do conforto ambiental, tornando-se uma ferramenta auxiliar aos softwares de simulações e análises existentes na atualidade, como por exemplo o Analysis SOL-AR, desenvolvido pelo pesquisador Maurício Roriz, em conjunto com o LabEEE da Universidade de Santa Catarina (LABEEE, 2009).

2. OBJETIVO

O presente artigo tem por objetivo apresentar uma ferramenta para dispositivos móveis que seja capaz de apresentar estes diagramas e suas principais funcionalidades, como por exemplo a localização do sol, insolação nas fachadas e transferidor solar, possibilitando que o usuário realize estas análises com maior flexibilidade e que seja possível utilizar por estudantes de arquitetura e urbanismo ou engenharia civil em seu próprio celular durante o processo de aprendizagem.

3. MÉTODO

Para elaboração do Aplicativo Android, chamado de "ArqSolar", foi utilizada a linguagem de programação Java® com o auxílio da ferramenta AndroidStudio® para criação da interface. A Figura 1 apresenta o processo de elaboração, promovendo uma maior compreensão do funcionamento de seu sistema e suas funcionalidades.



Figura 1 – Processo de elaboração da Aplicação ArqSolar.

Foram considerados dois processos principais para o funcionamento da ferramenta: posicionamento do sol, indicando dados para sua localização como azimute e altura solar, além da visualização da carta solar e uma análise aplicada ao projeto de arquitetura.

O funcionamento da ferramenta é apresentado na Figura 2, onde é possível observar o fluxograma interno do aplicativo ArqSolar, indicando o processo de utilização pelo usuário.



Figura 2 – Fluxograma de funcionamento da ferramenta ArqSolar

3.1. Posicionamento do Sol

Para a localização do Sol na abóbada celeste, faz-se necessário conhecimento dos valores para azimute e altura solar. Estes dois ângulos variam em função da latitude do local a ser analisado, do dia e da hora em que se deseja verificar esta variável. O conhecimento do posicionamento do Sol é extremamente importante para conhecer o ângulo em que os raios solares incidem em uma superfície e posteriormente calcular a intensidade da radiação (BLANCO-MURIEL et al, 2001). As cartas solares possibilitam a identificação destes ângulos por meio das marcações que apresentam em sua composição. No entanto, é possível obter

estes ângulos por meio de métodos de cálculos que informam com uma maior precisão estes dados (DUFFIE e BECKMAN, 2006).

O processo de cálculo para obtenção do posicionamento do sol, parte da obtenção do ângulo formado entre a os raios solares (no caso, em virtude da distância entre o sol e a terra, consideram-se paralelos os raios solares que incidem a Terra) e o plano do Equador. Este ângulo é chamado declinação do Sol (δ) e varia ao longo do ano, sendo definido como positivo para o hemisfério norte e negativo para o hemisfério sul. O valor médio da declinação do Sol pode ser calculado, para qualquer dia do ano, pela Equação 1, descrita por Roriz (2006):

$$\delta = 23,45 \cdot \left[\frac{360}{365} \cdot (NDA + 284)\right] \quad \text{Equação 1}$$

Onde:
δ = Ângulo de declinação (em graus).
NDA = Número do dia no ano (NDA = 1 em 1/Jan e NDA = 365 em 31/Dez).

O "ângulo horário do sol" (AHS) é considerado como a distância angular entre a direção dos raios solares ao meio-dia e sua direção no momento (h) considerado. Este ângulo é calculado pela Equação 2. De posse destes dados, é possível calcular o azimute e a altura solar por meio das Equações 3 e 4.

$$AHS = 15 \cdot (h - 12) \quad \text{Equação 2}$$

$$ALT = asen\left[(sen(\lambda) \cdot sen(\delta)) + (cos(\lambda) \cdot cos(\delta) \cdot cos(AHS))\right] \quad \text{Equação 3}$$

$$AZI = asen\left[\frac{(cos(\lambda) \cdot sen(\delta)) - (sen(\lambda) \cdot cos(\delta) \cdot cos(AHS))}{cos(ALT)}\right] \quad \text{Equação 4}$$

Onde:
AHS = Ângulo Horário do sol (em graus).
h = Hora do dia.
ALT = Altura Solar (em graus).
AZI = Azimute (em graus).
λ = Latitude do local (em graus).
δ = Ângulo de declinação (em graus).
AHS = Ângulo Horário do sol (em graus).

Após o meio-dia, o azimute do sol deve ser considerado 360º menos o ângulo calculado pela Equação 4. É possível também, obter por meio de cálculos, os momentos em que o sol nasce (HNS) e se põe (HPS) e estes são calculados pelas Equações 5 e 6.

$$HNS = 12 - \left[\frac{acos(-tg(\lambda) \cdot tg(\delta))}{15}\right] \quad \text{Equação 5}$$

$$HPS = 24 - HNS \quad \text{Equação 6}$$

Outros dados também podem ser obtidos por meio de cálculos, como o azimute do sol ao nascer, tempo em que ocorre luz solar em uma determinada latitude, níveis de radiação solar, no entanto, estas variáveis não serão discutidas neste artigo por não serem contempladas no escopo da ferramenta apresentada.

Ao identificar a necessidade desta funcionalidade, levou-se em consideração as variáveis necessárias para o uso das equações apresentados anteriormente e o próprio usuário informa estes dados como input da aplicação, sendo possível assim, utilizar as equações que calculam o posicionamento do sol em um determinado instante como por exemplo, os ângulos do azimute e altura solar. Foram inseridas também as

equações que calculam os dados diários, como os horários de nascer e pôr do sol. As variáveis foram inseridas conforme apresentado nas Figuras 3 e 4.

```
87      Double Lat = Double.valueOf(latitude.getText().toString());
88      if (sul.isChecked()) {
89          Lat = 0 - Lat;
90      } else {
91          Lat = 0.0 + Lat;
92      }

103     Double Dia = Double.valueOf(dia.getText().toString());
104     Double Mes = Double.valueOf(mes.getText().toString());
105     Double Hora = Double.valueOf(hora.getText().toString());

141
142     Double NDA = (Dia + nda);
143     Double angDEC = ((360.0 / 365.0) * (NDA + 284.0));
144     Double DEC = ((23.45) * Math.sin(Math.toRadians(angDEC)));
145     Double DECrad = Math.toRadians(DEC);
146     Double LATrad = Math.toRadians(Lat);
147     Double AHSrad = Math.toRadians(ahs);
148
149     Double IntALT = ((Math.sin(LATrad) * Math.sin(DECrad)) +
150             (Math.cos(LATrad) * Math.cos(DECrad) * Math.cos(AHSrad)));
151
152     Double altrad = Math.asin(IntALT);
153     Double alt = Math.toDegrees(altrad);
```

Figura 3 – Código para a implementação das Equações para obtenção da Altura Solar.

```
155
156     Double InAZI = (((Math.cos(LATrad) * Math.sin(DECrad)) -
157             (Math.sin(LATrad) * Math.cos(DECrad) * Math.cos(AHSrad)))
158             / Math.cos(altrad));
159
160     Double azirad = Math.acos(InAZI);
161     Double azi = Math.toDegrees(azirad);
162     if (Hora > 12.0) {
163         azi = 360 - azi;
164     } else {
165         azi = azi;
166     }
167
168     Double HNSrad = Math.acos(-Math.tan(LATrad) * Math.tan(DECrad));
169     Double HNS = 12 - (Math.toDegrees(HNSrad) / 15.0);
170
171     Double HPS = 24 - HNS;
```

Figura 4 – Código para a implementação das Equações para obtenção do Azimute e Horário de nascer e pôr do sol.

Como dado de saída ao usuário são fornecidas as informações quanto aos ângulos de azimute e altura solar além das horas de nascer e pôr do sol. para os horários em que o Sol ainda não nasceu ou já se pôs, será informada uma mensagem ao usuário de que não foi possível calcular os ângulos de posicionamento do Sol e nas latitudes mais altas quem onde o Sol pode brilhar 24 horas por dia no solstício de verão e não haver sol no solstício de inverno esta informação também será passada ao usuário.

3.2. Movimento aparente do sol e proteção solar

Para possibilitar a visualização das cartas solares, insolação nas fachadas e transferidor solar no aplicativo, montou-se uma base de dados a partir de cartas solares entre 62° ao norte e 62° ao sul e fora destes parâmetros, caso o usuário deseje alguma informação, será apontado pela aplicação que não há carta solar para latitude desejada.

Ao comparar com a ferramenta existente (Analysis SOL-AR), observou-se um intervalo confiável, pois no caso deste software para computadores, o intervalo da carta solar é estabelecido entre 65° ao norte e a sul, apenas 3 graus a mais que a ferramenta apresentada neste artigo.

Elementos de proteção solar podem ser considerados a partir de obstruções por meio da paisagem natural ou a partir da utilização de elementos construtivos, como brises, prateleiras de luz, sistemas de fachada dupla, dentre outros, de modo a controlar a radiação direta no interior das edificações. O segundo

tipo se torna mais efetivo por ser controlado e gerenciado diretamente a partir do projeto arquitetônico (SCHEEP e HASTIE, 1985).

Estes elementos de proteção solar podem ser obtidos a partir do transferidor solar associado à carta solar. Esta composição gera o que se conhece como "máscara de sombra", que é a representação gráfica dos obstáculos que impedem a visão da abóbada celeste por parte do observador localizado em um ponto qualquer da edificação ou espaço urbano (BITTENCOURT, 2015). Estes elementos gráficos são apresentados na Figura 5 para uma compreensão deste processo.

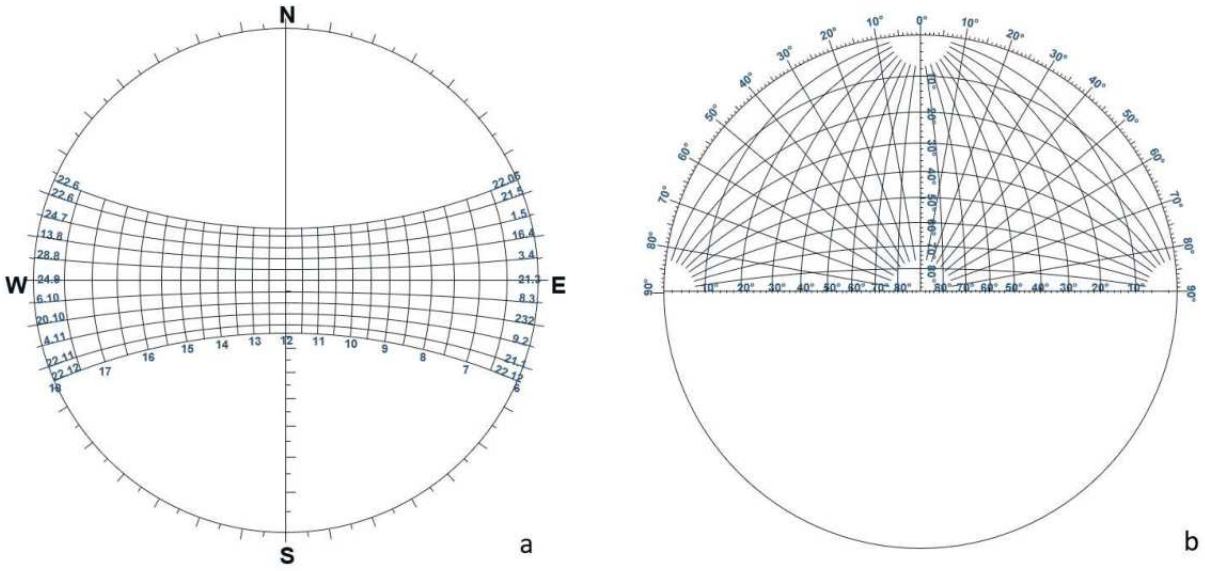

Figura 5 – (a) Carta Solar para a linha do Equador (Latitude 0º) e (b) Transferidos com os ângulos de Proteção solar Verticais e Horizontal. (BITTENCOURT, 2015).

O transferidor solar é alimentado pelo ângulo de orientação da fachada fornecido pelo usuário ao iniciar o aplicativo e este valor indicar a rotação que a imagem deverá realizar conforme ilustrado na figura 6. é possível observar que também será fornecida a possibilidade de analisar apenas a insolação na fachada indicada, com uma imagem que omite 50% da carta solar em virtude do ângulo indicado para a orientação.

```
325         int angulo = Integer.valueOf(orientacao.getText().toString());
326         auxiliar.setRotation(angulo);
327         if (transferidor.isChecked()) {
328             auxiliar.setImageResource(R.drawable.limpo);
329             auxiliar.setVisibility(View.VISIBLE);
330         }
331         if (fachada.isChecked()) {
332             auxiliar.setImageResource(R.drawable.fachada);
333             auxiliar.setVisibility(View.VISIBLE);
334         }
335         if (fachada.isChecked() && transferidor.isChecked()) {
336             auxiliar.setImageResource(R.drawable.transferidor);
337             auxiliar.setVisibility(View.VISIBLE);
338         }
```

Figura 6 – Código para a visualização do transferidor solar e insolação na fachada.

Como a tela dos dispositivos móveis costumam ser menores o que as telas de monitores de computadores notebooks, foi necessária uma adaptação na representação da carta solar apresentada na ferramenta. Para isto, o posicionamento do Sol na abóbada celeste recebeu uma cor para melhorar a sua visualização e não comprometer a interpretação dos ângulos a partir da sobreposição do transferidor solar (Figura 7).

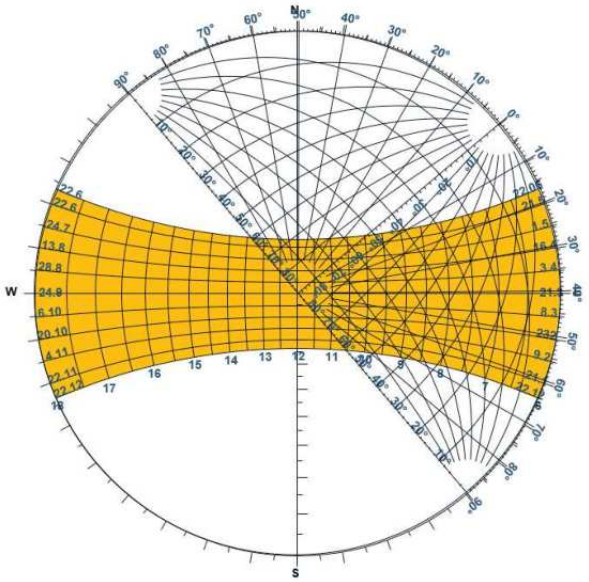

Figura 7 – Exemplo de carta solar (Para a Latitude 0º) sobreposta do transferidor solar (inclinado a 50º), conforme apresentado na ferramenta ArqSolar.

A partir do conhecimento da utilização destes diagramas, é possível o que o arquiteto tome decisões mais acertadas acerca dos sistemas e dispositivos de proteção solar nas edificações E tendo por base essas informações, a ferramenta Android apresentada neste artigo apresenta-se como um suporte ao processo de projeto arquitetônico.

4. RESULTADOS

O aplicativo ArqSolar está disponível para instalação gratuita por qualquer dispositivo móvel que utilize o sistema operacional Android por meio da loja virtual de aplicativos do Google®. Como resultado, estão apresentadas algumas telas e um exemplo prático indicando todas as possibilidades de utilização deste aplicativo. Ao iniciar a ferramenta, alguns dados aparecem preenchidos por *default*, evitando assim possíveis falhas no carregamento em virtude da não definição de alguma variável. Estes dados podem ser alterados a qualquer momento pelo usuário (Figura 8).



(a) (b)

Figura 8 – (a) Tela inicial do aplicativo com indicação das duas funcionalidades à escolha do usuário e (b) Link de acesso para baixar o aplicativo na PlayStore®.

A depender da escolha do usuário, o aplicativo será direcionado para uma tela diferente, conforme é possível observar na Figura 9 que apresenta o exemplo de utilização para a latitude 15° sul em uma orientação de fachada com 60° de inclinação em relação ao norte caso a escolha do usuário seja identificar a posição do Sol em um determinado instante. Para isto, deverá ser informado o dia, o mês e a hora em que se deseja obter estes dados.

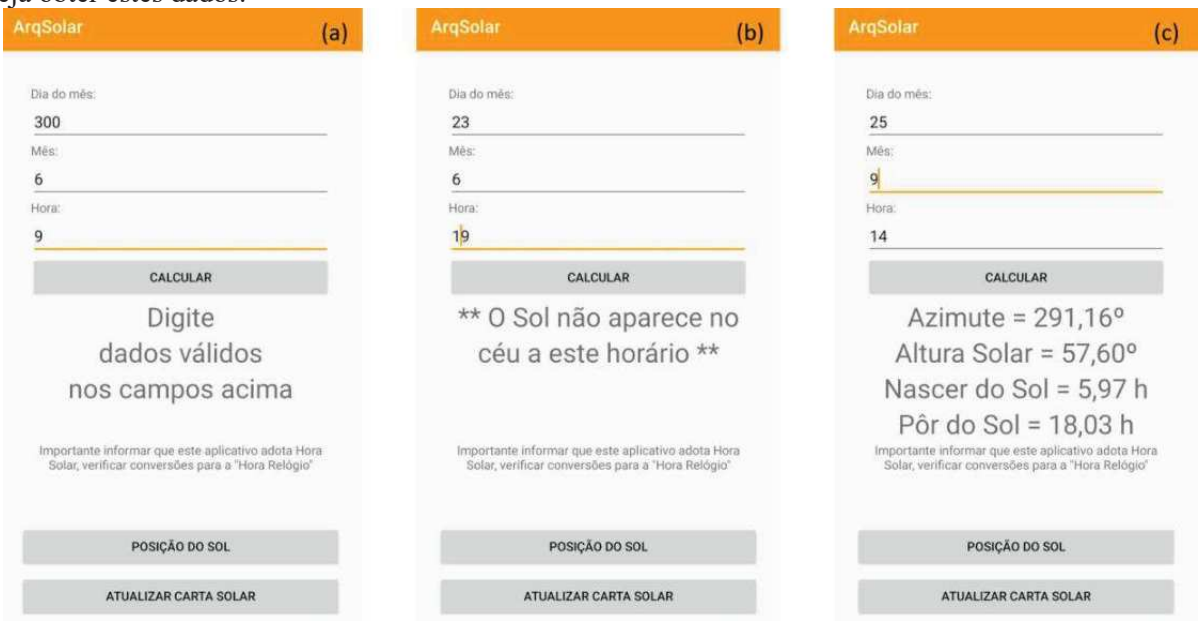

Figura 9 – Telas de Posição do Sol com diferentes possibilidades de dados de saída (a) com dados inválidos, (b) sem a presença do sol no céu e (c) com a apresentação de todos os dados de saída.

Aplicação também informará ao usuário caso os dados de entrada sejam alimentados com valores fora dos estabelecidos como dia do mês acima de 31, mês com valor acima de 12 ou hora acima de 23 (sendo considerado para o dia, horas dentro do intervalo entre 0 e 23).

Ainda utilizando o mesmo exemplo, ao optar por visualizar a carta solar, o aplicativo será direcionado há uma tela onde é exibida a carta solar para latitude desejada e as possibilidades de visualização, seja apenas a carta solar, este diagrama associado ao transferidor solar para identificação dos melhores ângulos para a proteção solar nos horários estabelecidos em projeto ou apenas para verificar a insolação na fachada inclinada no ângulo definido anteriormente, conforme é possível observar na Figura 10 que apresenta as telas para esta funcionalidade.

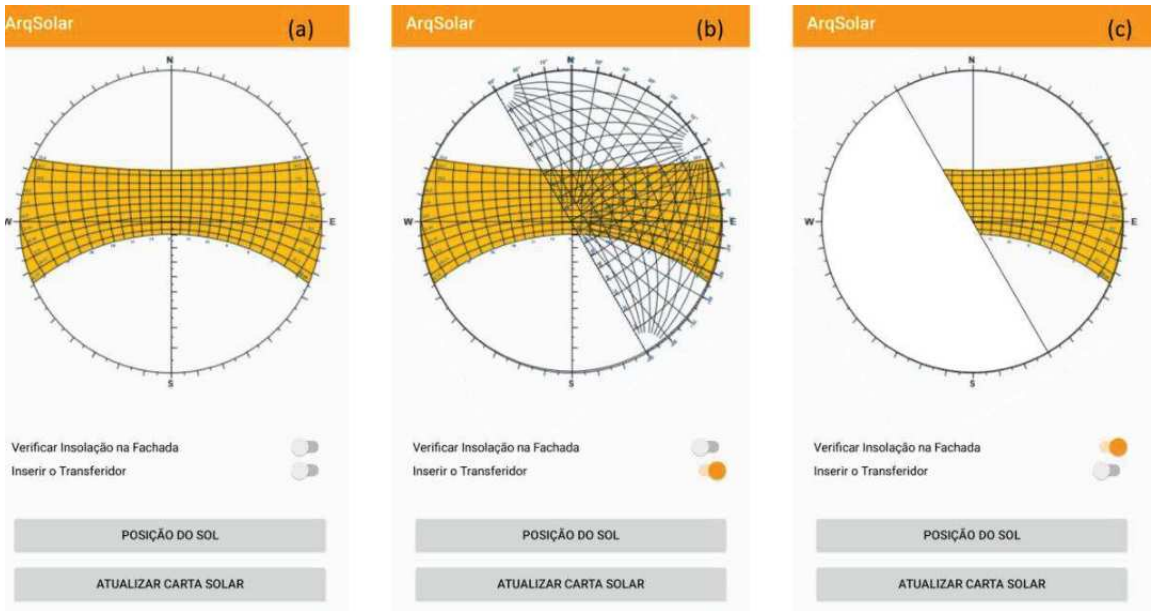

Figura 10 – Telas de Visualização da carta solar com diferentes possibilidades de dados de saída (a) apenas com a carta solar, (b) carta solar e transferidor e (c) verificação da insolação na fachada especificada.

Caso o usuário escolha uma latitude maior que 62º norte ou sul, uma mensagem será exibida informando que esta carta solar não consta na base de dados do aplicativo. De posse destas informações, embora a proposta inicial do aplicativo tenha sido auxiliar o processo de ensino e aprendizagem das cartas solares, é possível utilizar esta ferramenta tanto em aulas de conforto ambiental e projeto arquitetônico, quanto por escritórios de arquitetura e urbanismo, tornando-se um importante aliado no processo de elaboração de propostas arquitetônicas por meio de metodologias ativas no processo de ensino e aprendizagem.

Sabe-se que, ferramentas computacionais de representação estereográfica, como é o caso das cartas solares, integradas a interfaces gráficas de modelagem tridimensional podem facilitar a inserção e o manuseio de planos mais complexos e para estes casos, o uso de computadores e softwares específicos ainda é recomendado, fato justificado também pela baixa capacidade de processamento de alguns dispositivos móveis.

Atualmente, utiliza-se para análise da insolação das fachadas, o software Analysis SOL-AR, que além das funcionalidades desta aplicação, possibilita dimensionar protetores solares e desenhar sua máscara de sombra. Estas etapas estão previstas em futuras revisões desta ferramenta, além de sua inclusão na plataforma de aplicativos IOS. Ao comparar as duas ferramentas, ambas apresentam semelhanças no desenho da carta solar e transferidos solar, possibilitando uma análise gráfica da insolação das fachadas, no entanto esta aplicação apresenta cálculos para o posicionamento do sol, enquanto o Analysis SOL-AR apresenta possibilidade de desenhar a máscara de sombra a partir da inserção dos ângulos de sombreamento verticais e horizontais.

Após os testes necessários para a inserção na loja virtual de aplicativos, esta ferramenta foi disponibilizada gratuitamente e com acesso livre para que profissionais estudantes de arquitetura e urbanismo possam realizar uma análise do posicionamento do Sol e das cartas solares a partir do seu uso e assim tomarem decisões projetuais com maior mobilidade, mesmo que não contem com o uso de computadores ou notebooks.

É importante salientar que esta aplicação não substitui o uso de computadores para análises de insolação nas fachadas das edificações, no entanto, permite uma maior flexibilidade e mobilidade nestas análises, podendo ser realizada de forma rápida e interativa, em qualquer localidade, tendo em vista que os dispositivos móveis acompanham os indivíduos em seu cotidiano.

5. CONCLUSÕES

A partir dos dados apresentados, pode-se afirmar que os profissionais de projeto e estudantes em geral contam com uma ferramenta que auxilia a tomada de decisões no processo de concepção arquitetônica, visto que o aplicativo pode a partir da inserção de alguns dados, fornecer informações rápidas para analisar o movimento aparente do sol e interpretar sua influência na envoltória das edificações. O Aplicativo para dispositivos móveis apresentado neste artigo possibilita maior mobilidade para análise da insolação nas fachadas e sistemas de proteção solar em função da latitude e orientação das edificações.

Pretende-se então, com este aplicativo proporcionar maior flexibilidade no ensino das cartas solares, além da disseminação de seu uso em qualquer localidade onde o usuário possa contar com algum dispositivo móvel, seja celulares ou tablets e assim, contribuir para a produção de uma arquitetura mais responsável e adaptada às necessidades de cada localidade, neste caso, com boas soluções arquitetônicas no que dizem respeito à proteção solar ou aquecimento solar passivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos**. 5. ed. rev. e ampl. – Maceió: EDUFAL, 2015.

BLANCO-MURIEL M, ALARCON-PADILLA DC, MORATALLA TL, LARA-COIRA M. Computing the solar vector. **Solar Energy** Vol 70. Num.5. p.431–441. 2001.

CHWIEDUK, Dorota. **Solar Energetics of Building** (in Polish), Arkady, 2011.

DOMINGO, M.G.; GARGANT, A. B. Exploring the use of educational technology in primary education:Teachers' perception of mobile technology learning impacts and applications' use in the classroom. Computers in **Human Behavior**. v 56, p. 21-28, 2016.

DUFFIE, John A.; BECKMAN, William A. **Solar Engineering of Thermal Processes**, 3rd edition, Wiley, 2006.

EJROUSHI, Aida M.; SMEDA, Mohamed S.; BANNANI, Faiz K. The Solar Chart for Designing Shading Devices For Tripoli City. **Solar Energy and Sustainable Development**. Vol 2. Num 01. p.48-60, 2013.

KALOGIROU, Soteris. Solar energy engineering: **processes and systems**, Elsevier Inc., 2009.

LABEEE, LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. **Analysis Sol-ar. Versão 6.2**. 2009. Disponível em http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar. Acesso em: 12 maio 2020.

LÓPEZ-SALAZAR, Ramón Maestre. Instrumento didáctico para compreender las órbitas del sol alrededor de cualquier punto de la Tierra: uma carta solar tridimensional universal. In: ROIG-VILA, Rosabel (Org). **Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje**. Octaedro, 2016.

MAZRIA, Edward, **The Passive Solar Energy Book**, Rodale Press, Emaus, Pa., 1979.

RORIZ, Maurício. Conforto térmico e lumínico no ambiente construído. Módulo 1: TÉRMICA. **Notas de Aula**. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2006.

SANTOS, J.O.; SANTOS, R.M.S. O uso do celular como ferramenta de aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação e Saúde**, v. 4, n. 4, p. 1-6, 2015.

SCHEEP, Brad; HASTIE, Stephen M. **The complete Passive Solar Home Book**. Tab Book Inc. 1985.

SZOKOLAY, Steven V. Introduction to Architectural Science. **The Basis of Sustainable Design**, II edition, Elsevier Inc, 2008.

TAROUCO, Liane. M. R. et al. Objetos de Aprendizagem para M-Learning. Florianópolis: **SUCESU - Congresso Nacional de Tecnologia da Informação e Comunicação**, 2004. Disponível em <http://www.cinted.ufrgs.br/CESTA/objetosdeaprendizagem_sucesu.pdf>. Acesso em: 31 mai.2020.