

A TRANSFORMAÇÃO DOS ESPAÇOS DO CÂMPUS EM AMBIENTES NÃO FORMAIS DE EDUCAÇÃO E SEU IMPACTO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: O SISTEMA SOLAR EM ESCALA NO CÂMPUS CRICIÚMA¹

ORLANDO GONNELLI NETTO²

JOÃO VITOR ALVES ROCHA³

GUSTAVO GARCIA BERNARDEZ⁴

Resumo - Neste artigo propomos uma abordagem para o ensino de Astronomia fora da sala de aula convencional a partir da transformação dos espaços do IFSC Criciúma em ambientes não formais de educação, nos quais o educando interage com maquetes espalhadas pelo câmpus. Construímos uma representação do sistema solar respeitando ao mesmo tempo a escala de distância e diâmetro dos principais astros visíveis a olho nu, utilizando o campus como referência. Tal construção foi guiada pelas respostas a um questionário exploratório aplicado aos estudantes do câmpus. Detectamos percentual de acertos maior que 50% nas questões que envolvem saberes comuns ao público. Questões que envolvem conhecimentos mais específicos e representação da posição e tamanho dos astros apresentaram percentual baixo de acertos. A análise da aprendizagem mediada por ambientes não formais, em estudos futuros, possibilitará refletirmos acerca do por que a Astronomia continua sendo um saber repleto de concepções espontâneas, erros conceituais, mitos e dificuldades no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-Chave: Astronomia, ambientes não formais, sistema solar.

INTRODUÇÃO

Um espaço formal de educação é entendido da literatura como aquele que propicia o ensino em ambiente escolar, estruturado e planejado para que o conhecimento seja didaticamente trabalhado (LANGHINI; NARDI, 2009, p. 2). Tal ambiente estabelece práticas educativas fortemente institucionalizadas, garantidas por lei e organizadas de acordo com uma padronização nacional (LANGHINI; NARDI, 2009, p. 2) (CIBELLE; AROCA, 2011, p. 2) (MARANDINO et. al., 2008). No entanto, não podemos garantir que todos os conteúdos programáticos sejam trabalhados na educação formal e explorados nos vários aspectos da aprendizagem. Por exemplo, as noções ou percepções físicas de distância entre os astros celestes e suas posições e a dimensão do Universo precisam de outras estratégias didáticas alheias às salas de aulas convencionais. Como agravante, para muitos professores que não tiveram contato com tópicos em Astronomia na sua formação inicial e continuada, há a concepção do Universo e seus elementos de maneira distante dos modelos científicos atuais (CIBELLE; AROCA, 2011, p. 2). Nos livros textos, que ainda são a principal referência destes professores nos espaços formais de educação, muitas vezes os tópicos em Astronomia são tratados de maneira restrita e incompleta, limitando-os a notas curtas ou textos complementares, contrapondo-se à BNCC. A saber:

1 Projeto aprovado no Edital Universal de Pesquisa n°2/2017/PROPPI.

2 Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Professor de Física, Campus Criciúma, orlando.netto@ifsc.edu.

3 Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Técnico em Química, Campus Criciúma, joa@ika321@outlook.com.

4 Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Técnico em Química, Campus Criciúma, gustavogb09@hotmail.com

Na unidade temática Terra e Universo, busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes - suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes. Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade, explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, entre outras coisas, maior valorização de outras formas de conceber o mundo, como os conhecimentos próprios dos povos indígenas originários. (BRASIL, 2017, p. 328).

Diferentemente da educação formal, a educação não formal caracteriza-se por qualquer atividade organizada fora do sistema formal de educação (MARANDINO et. al., 2008). Podemos citar observatórios astronômicos, museus, planetários, clubes de astrônomos amadores, instituições não convencionais que organizam feiras e encontros. Em tais ambientes observamos práticas educativas com caráter sempre coletivo nas quais o indivíduo experimenta a liberdade de escolher métodos e conteúdos de aprendizagem sem a obrigatoriedade legislativa (LANGHINI; NARDI, 2009), motivando-se, portanto, a estudar ciências por ter contato com instrumentos e práticas científicas.

Como hipótese, neste panorama, o ensino das dimensões do sistema solar ganha nova abordagem, pois podemos utilizar distâncias cotidianas como referência de escala para as distâncias astronômicas, distribuindo o sistema pelo campus de tal maneira que se respeite ao mesmo tempo a escala de diâmetro dos astros e o raio de suas órbitas. Dessa forma, tal construção pode auxiliar na superação de concepções erradas acerca das dimensões dos astros e do próprio Universo, divulgando a ciência de forma correta. Portanto, os objetivos do projeto foram: aplicar um questionário exploratório para avaliar minimamente o conhecimento dos alunos do campus sobre o sistema solar antes da construção das maquetes e, a partir dele, elaborar minimamente um guia para os textos que trazem informação sobre os astros. Na sequência, projetamos e construímos um sistema solar no campus que respeita a escala de distância e diâmetro dos astros utilizando o próprio campus como referência. Por fim, divulgamos o projeto para toda a comunidade inserindo-o no roteiro de visitas orientadas dos projetos institucionais de extensão.

METODOLOGIA

Buscamos estruturar maquetes educativas que contém informações diretas e de fácil entendimento para a comunidade do campus. O tipo de informação, como apresentá-la e didatizá-la foi baseado num questionário exploratório aplicado aos estudantes de ensino médio e superior do campus de forma aleatório ao longo de 02 dias de entrevistas. Os estudantes que participaram foram isolados para não consultarem qualquer material de apoio nem outro estudante. Os questionários levaram em média 3 minutos para serem respondidos. Ao todo, foram entrevistados 49 alunos do ensino médio técnico e 38 do ensino superior (licenciatura e engenharias). Propusemos três estilos de questões: múltipla escolha, verdadeiro ou falso e desenhe a resposta. Este instrumento metodológico foi criado por nós e não seguiu referência definida. Analisando as respostas, conseguimos um guia mínimo para a execução do projeto.

Na sequência, estudamos o projeto de sistema solar em escala, localizado no campus de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP). Nesse projeto, o sistema solar está representado com todos os astros e sua principal característica é a escala de distância e diâmetro dos planetas também baseada na escala de tamanho campus⁵. Aqui, encontramos inspiração para o layout de nossas maquetes e a representação do astro através de esferas de metal em resina transparente. Outro projeto que nos inspirou está na cidade de Florianópolis-SC, onde encontramos, ao longo de 10 km da avenida Beira

5 Mais informações sobre o projeto podem ser encontradas em: < <http://www.cdcc.usp.br/cda/jct/sistema-solar/index.html> >.

Mar, marcos de posicionamento dos planetas do sistema solar através de placas de concreto com breve descrição dos astros respeitando a escala de distância entre eles. Este projeto nos auxiliou no layout. Não conseguimos encontrar informações oficiais referentes à concepção, planejamento e montagem das estruturas na Beira Mar.

Com relação ao nosso projeto, todo seu desenho, escrita e montagem se deu nas dependências do IFSC Campus Criciúma. As maquetes projetadas possuem uma estrutura de metal em estilo púlpito, onde a descrição do astro e o texto explicativo está colocado. O planeta é representado por uma esfera de metal dentro de uma resina transparente circular. A esfera e a resina ficam encaixadas no centro de uma placa quadrada de acrílico transparente anexo à estrutura de metal. Após a montagem e implantação, o sistema solar fica disponível para visitação e faz parte das visitas orientadas às escolas e ao público em geral que participam de projetos de extensão institucionalizados. A manutenção das maquetes é realizada periodicamente pelos servidores do campus e por projetos de extensão complementares.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Fig. 1, temos as questões de múltipla escolha que compõe o questionário exploratório e as respectivas alternativas corretas destacadas com asterisco.

1. Quantos planetas tem o Sistema Solar? a) 5 b) 6 c) 7 d) 8* e) 9	4. Quantas luas de Júpiter podem ser vistas com telescópios amadores de Terra? a) 0 b) 1 c) 2 d) 3 e) 4*	7. Do que é feito o sol? a) Apenas hidrogênio b) Fogo c) Magma d) Apenas Hélio e) Todos os elementos químicos*	10. Qual é o planeta mais quente do Sistema Solar? a) Mercúrio b) Vênus* c) Terra d) Marte e) Júpiter
2. Qual é o maior planeta do sistema solar? a) Terra b) Urano c) Saturno d) Netuno e) Júpiter*	5. Do que são os anéis de Saturno? a) Poeira e gelo* b) Nitrogênio líquido c) Gases d) Metais e) Disco sólido	8. Qual é o estado físico da matéria que constitui o Sol? a) Sólido b) Líquido c) Gasoso d) Plasma* e) Condensado de Bose-Einstein	11. Porque a Lua tem mais crateras que a Terra? a) Coem mais asteroides na lua b) A lua não possui atmosfera* c) A gravidade da lua é menor d) Pedregos da lua são atraídos para a Terra e) A Terra possui Oceanos
3. Qual é o planeta mais próximo do Sol? a) Júpiter b) Terra c) Vênus d) Mercúrio* e) Marte	6. Em quais planetas do sistema solar há vida? a) Todos b) Nenhum c) Apenas em Marte d) Apenas na Terra* e) Terra e Marte	9. Qual é a porcentagem em massa do Sol em relação ao Sistema Solar? a) 1,1% b) 10,5% c) 50,9% d) 79,5% e) 99,9%*	

Figura 1: questões de múltipla escolha. FONTE: Dados da pesquisa.


Na Fig. 2 temos a segunda parte do questionário que continha 06 afirmações no estilo Verdadeiro ou Falso.

	12. Assinale Verdadeiro ou Falso
(V)	Em Vênus, um dia dura mais que um ano
(F)	Em Marte se localiza o Monte Olimpo, o maior vulcão do sistema solar
(F)	Saturno é o único planeta do Sistema Solar que possui anéis
(V)	Urano e Netuno não são visíveis a olho nu
(F)	Urano é azul porque sua atmosfera é igual ao da Terra, ou seja, nitrogênio, oxigênio, água e gás carbônico
(F)	O planeta mais próximo da Terra é Marte


Figura 2: questões de Verdadeiro ou Falso. FONTE: Dados da pesquisa.

Na Fig. 3, temos o estilo de questão onde os entrevistados devem representar o que se pede através de desenhos ou marcações.

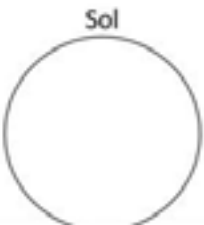
13. Na figura abaixo temos a distância Sol - Netuno. Marque um ponto sobre a reta onde melhor se localiza a Terra.



14. Na figura abaixo temos a distância Sol - Terra. Marque um ponto sobre a reta onde se localiza a Lua.



15. Na figura abaixo está representado o sol. Desenhe os planetas Terra, Vênus e Júpiter ao lado do sol respeitando a escala de diâmetro.



*Figura 3: questões para desenhar.
FONTE: Dados da pesquisa.*

Como dito anteriormente, foram entrevistados 49 alunos do ensino médio técnico e 38 do ensino superior (licenciatura e engenharias). Acreditamos que essa amostragem represente significativamente a totalidade dos alunos. A Tab. 1 e a Tab. 2 a seguir representam uma contagem percentual de acertos nas questões de múltipla escolha e verdadeiro ou falso do questionário.

Da Tab. 1 notamos que há correlação entre acertos acima e abaixo de 50% em todas as questões em ambos os grupos de alunos, exceto a questão 9. Ela trata da relação de massa dos astros do sistema solar, o que não é intuitivo a princípio: 30 alunos do ensino médio assinalaram a alternativa (b) como verdadeira. A questão 4 trata das luas galileanas, geralmente apresentadas no tópico História da Astronomia, dada a importância da sua descoberta no desenvolvimento do método científico. Nesta questão, não houve preferência de resposta pelos entrevistados de ambos os grupos. Na questão 7, que trata do estado físico do sol, a maioria dos alunos de ambos os grupos assinalou a alternativa “c) magma”. Na questão 10, que trata do planeta mais quente, a maioria dos alunos de ambos os grupos assinalou Mercúrio: o mais próximo do sol. Em ambas as questões 7 e 10, acreditamos que o senso comum construído a partir de textos jornalísticos pouco criteriosos e explicações superficiais guiaram a escolha dos estudantes.

Tabela 1 – porcentagem de acertos nas questões de múltipla escolha

Número da questão	% acertos Ensino Médio	% acertos Ensino Superior
1	55,1	85,7
2	63,8	71,4
3	70	100
4	12,5	16,7
5	51,0	57,1
6	79,2	83,3
7	23,4	16,7
8	72,9	71,4
9	14,6	60
10	27,1	14,3
11	31,2	33,3

FONTE: dados da pesquisa.

Da Tab. 2, que trata das questões de Verdadeiro e Falso, notamos que os itens (a) e (b) tiveram discrepância entre os grupos. Além disso, notamos baixo percentual de acertos em geral, o que acreditamos dever-se à especificidade das questões que exigiam conhecimento mais profundo. Vale destacar que na afirmação (f), também prevaleceu o senso comum, uma vez que o planeta Marte é constantemente citado na mídia como o foco de pesquisas, o que pode ter induzido o entrevistado ao erro.

Tabela 2 – porcentagem de acertos nas questões de verdadeiro ou falso.

Item da questão	% acerto Ensino Médio	% acerto Ensino Superior
a	58,3	71,4
b	54,1	37,5
c	52,1	14,3
d	48	28,6
e	68,8	100
f	2,2	28,6

FONTE: dados da pesquisa.

Com relação ao último estilo de questão, onde o entrevistado deve marcar sobre uma reta posições dos astros e representar/desenhar o tamanho aproximado deles sempre em relação a um referencial estabelecido na questão, identificamos que nenhum aluno representou de maneira fidedigna os astros e as posições respeitando as escalas fornecidas. Apesar de representações variadas, notamos um certo padrão que se repete nas respostas. Na questão 13, um total de 85,4% dos alunos (dois grupos somados) marcaram a posição da Terra sempre mais próxima do Sol que Netuno. Porém, sem respeitar a escala de distância Sol-Netuno. A Fig. 4 contém a resposta de um aluno que exemplifica este padrão encontrado.

Figura 4: resposta de um aluno à questão 13.
FONTE: dados da pesquisa.



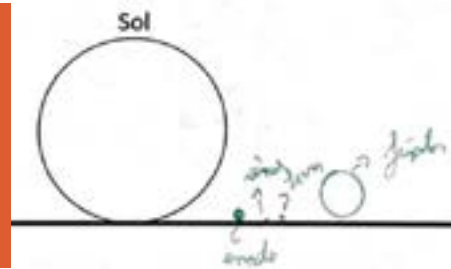
Quanto à posição da Lua na questão 14, um total de 81,8% dos alunos (dois grupos somados) representaram a Lua próxima à Terra. Porém, eles não respeitaram a escala de distância Sol-Terra proposto. A Fig. 5 traz a resposta de um estudante que exemplifica este padrão.

Figura 5: resposta de um aluno à questão 14.
FONTE: dados da pesquisa.



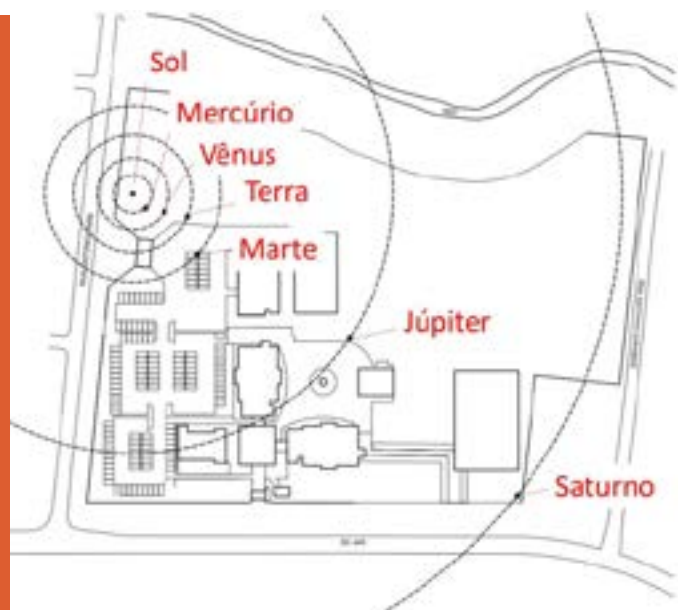
Quanto à representação da Terra, Vênus e Júpiter, 37,2% do total de alunos representaram Vênus e Terra de mesmo tamanho e Júpiter maior que eles. Destes, 23% chegaram próximos a uma representação adequada para a escala proposta. Exemplo de uma representação próxima à adequada está na Fig. 6 a seguir.

Figura 6: resposta de um aluno à questão 15.
FONTE: dados da pesquisa.



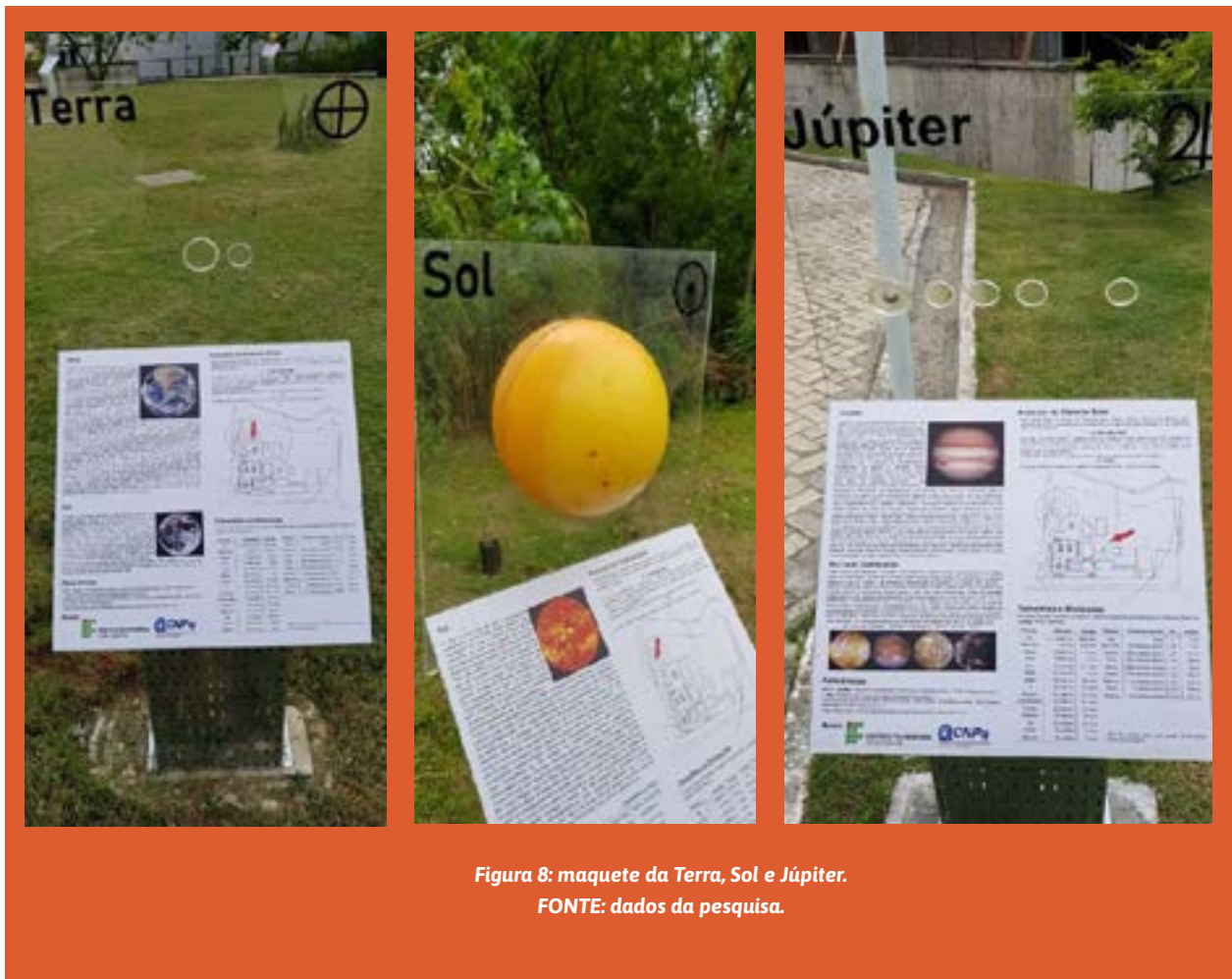
As respostas ao questionário sugerem que devemos enfatizar os aspectos físicos dos planetas, principalmente sua distribuição espacial e seus diâmetros. Tal análise corrobora nossa hipótese de que é necessária uma referência comum, conhecida e que seja experimentada fisicamente pelos visitantes para basearmos nossas maquetes. Dessa forma, o sistema solar no campus foi projetado com base nas dimensões do campus, posicionando o Sol e Saturno nos extremos e os demais planetas Mercúrio, Vênus, Terra, Marte e Júpiter entre eles. A opção por representar os astros visíveis a olho nu se deu devido às dimensões envolvidas e ao limite operacional, uma vez que, para representar Urano e Netuno dentro do campus, as principais luas do sistema solar, além de Mercúrio e Marte, teriam um diâmetro inferior a 0,3 milímetro, o que se mostrou impraticável operacionalmente pois não conseguimos esferas com tais medidas. A distribuição pelo campus e a órbita dos astros está mostrada na Fig. 7.

Figura 7: posição dos astros no campus e suas órbitas.
FONTE: dados da pesquisa.



MATEMÁTICA APLICADA NA BUSCA DO ÓTIMO: RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS CACHEIRO VIAJANTE E CIRCUITO MAGNÉTICO

A Fig. 8 exemplifica três maquetes que trazem texto explicativo do planeta, o nome, o símbolo e esferas que respeitam a escala utilizada. No texto, procuramos sanar as dificuldades e senso comum reveladas no questionário.



Na Fig. 9, vemos uma ampliação que mostra as esferas de metal encrustadas na resina transparente no centro do acrílico quadrado que representam os astros na escala do campus.



A Tab. 3 mostra as dimensões do Sistema solar adaptadas para o campus, onde a distância Sol-Saturno, 227 metros, é a escala de referência utilizada no Sistema.

Tabela 3 - as dimensões do adaptadas para o câmpus.

Astro	Diâmetro real (m)	Escala (mm)*	Distância real do Sol (m)	Escala (m)
Sol	$1,4 \cdot 10^9$	220	0	0
Mercúrio	$5 \cdot 10^6$	0,8	$5,8 \cdot 10^{10}$	9
Vênus	$1,21 \cdot 10^7$	2	$1,08 \cdot 10^{11}$	17
Terra	$1,20 \cdot 10^7$	2	$1,5 \cdot 10^{11}$	24
Lua	$3,5 \cdot 10^6$	0,7	-	-
Marte	$6,8 \cdot 10^6$	1	$2,28 \cdot 10^{11}$	36
Júpiter	$1,4 \cdot 10^5$	22	$7,78 \cdot 10^{11}$	123
Io	$3,6 \cdot 10^6$	0,6	-	-
Europa	$3,1 \cdot 10^6$	0,5	-	-
Ganímedes	$5,3 \cdot 10^6$	0,7	-	-
Calisto	$4,8 \cdot 10^6$	0,8	-	-
Saturno	$1,17 \cdot 10^8$	18	$1,4 \cdot 10^{12}$	227
Titã	$5,1 \cdot 10^6$	0,8	-	-
Urano	$5,1 \cdot 10^7$	8	$3 \cdot 10^{12}$	454
Netuno	$5 \cdot 10^7$	8	$4,5 \cdot 10^{12}$	711

* Optamos aqui por manter a unidade de medida em milímetros.

FONTE: www.nasa.gov.

Em analogia com o projeto do sistema solar no campus da USP São Carlos, onde a distância referência utilizada para distribuir os planetas foi de 750 metros (SOUZA; HONEL, 2019) e, dessa forma, todos os astros e suas luas puderam ser representados com diâmetros da ordem de milímetros e centímetros, no IFSC campus Criciúma, a distância referência de 227 metros tornou impraticável representar o sistema todo, uma vez que o diâmetro de todas as luas não chegaria a 0,1 milímetro, o que tornaria nosso sistema difícil de ser representado fisicamente. Dessa forma, escalonamos o sistema solar até Saturno e escolhemos não representar Urano e Netuno que, para próximos projetos, já existem projeções do posicionamento de suas maquetes fora do campus, situados em via pública e via particular, o que demandará parcerias com a prefeitura e empresas privadas da região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como os espaços não formais de ensino visam a aprendizagem fora do ambiente escolar formal, a transformação dos espaços do campus em ambientes não formais tem potencial de atrair parcerias em projetos de extensão com escolas da microrregião de Criciúma que estejam interessadas em visitas orientadas. Não obstante, esses ambientes são artifícios cada vez mais solicitados em contraste aos tradicionais métodos de ensino e são foco crescente de estudos na literatura. As futuras pesquisas do grupo buscarão delinear respostas para outras questões, tais como: Quais são as características da aprendizagem mediada por esses ambientes com relação ao sistema solar e a noção de escala dos astros e Universo? Os espaços do campus podem ser usados para tal fim? De que forma?

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Campus Criciúma pelo financiamento do projeto, aos técnicos de laboratório, em especial ao Márcio Adams, aos professores colaboradores e parceiros externos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNC_C_20dez_site.pdf. Acesso em: 19 de ago. de 2019.

CIBELLE, C. S.; AROCA, S. **Ensino de astronomia em um espaço não formal**: observação do Sol e de manchas solares. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, 1402, 2011.

LANGHINI, R.; NARDI, R. **Ensino da astronomia no Brasil**: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 4, 4402, 2009.

MARANDINO, M.; SILVEIRA, R.V.M.; CHELINI, M.J.; FERNANDES, A.B., in: **Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, ENPEC, Bauru, 2004.