



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Ilha de Calor Urbana: Uma Proposta de Atividade Investigativa Baseada na Utilização da Placa Arduino

Alipson de Assis Melo dos Santos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es):

Prof. Dr. Helio Salim de Amorim

Profa. Dra. Claudine Pereira Dereczynski

Rio de Janeiro

Ilha de Calor Urbana: Uma Proposta de Atividade Investigativa Baseada na Utilização da Placa Arduino

Alipson de Assis Melo dos Santos

Orientador(es):

Prof. Dr. Helio Salim de Amorim

Profa. Dra. Claudine Pereira Dereczynski

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Presidente, Profa. Dra. Claudine Pereira Dereczynski

Prof. Dr. Carlos Eduardo Magalhães de Aguiar

Profa. Dra. Célia Maria Paiva

Rio de Janeiro

FICHA CATALOGRÁFICA

S237i Santos, Alipson de Assis Melo dos
Ilha de Calor Urbana: Uma Proposta de Atividade Investigativa
Baseada na Utilização da Placa Arduino/ Alipson de Assis Melo dos
Santos - Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2016.

130.f

Orientador: Dr. Helio Salim de Amorim
Dra. Claudine Pereira Dereczynski

Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física /Programa
de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2016.

Referências Bibliográficas: f. 68-73.

1. Ensino de Física. 2. Atividades Investigativas. 3 Ilha de Calor.
I. Amorim, Helio Salim de; Dereczynski, Claudine Pereira.
II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física,
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Ilha de Calor
Urbana: Uma Proposta de Atividade Investigativa Baseada na
Utilização da Placa Arduino.

Agradecimentos

À Deus, em primeiro lugar, por estar a meu lado em todos os momentos, principalmente naqueles mais difíceis.

À minha amada esposa Viviane e à minha amada filha Sophia por todo carinho e força que me deram, além da compreensão e paciência.

Aos meus amados pais e à meu querido irmão por todo amor e apoio que me deram durante toda a vida.

A todos os meus familiares pelo apoio e incentivo que me deram.

A todos os professores do mestrado profissional em ensino de física por compartilharem seus valiosos conhecimentos.

Aos professores Dr. Helio Salim de Amorim e Dra. Claudine Dereczynski pela valiosa orientação, pela paciência e pela confiança depositada em mim na realização deste trabalho.

A todos os meus amigos do mestrado profissional em especial Marcio Velloso e Roberta Telles pela amizade, pelo apoio e incentivo que sempre me deram.

Aos alunos das turmas 2201 e 2113 da Escola Técnica Estadual Santa Cruz pela colaboração que me foi dada na realização deste trabalho, através do interesse e participação nas atividades que lhes foram propostas.

RESUMO

ILHA DE CALOR URBANA. UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE INVESTIGATIVA BASEADA NA UTILIZAÇÃO DA PLACA ARDUINO.

Alipson de Assis Melo dos Santos

Orientadores

Prof. Dr. Helio Salim de Amorim

Profa. Dra. Claudine Pereira Dereczynski

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Estudos de fenômenos relacionados ao clima geralmente são ótimas oportunidades para se contextualizar o ensino de física, em particular a física térmica. Nesta dissertação elabora-se um estudo investigativo sobre a ilha de calor urbana, um fenômeno climático causado, principalmente, pela ação Humana e que tem influenciado cada vez mais a qualidade de vida das pessoas que moram nos centros urbanos. O fenômeno é analisado através de atividades em que os alunos coletam dados de temperatura e umidade relativa do ar e constroem os respectivos gráficos no Excel, um editor de planilhas bastante popular e de fácil acesso. As atividades investigativas desenvolvidas têm como base a utilização da placa Arduino e os dados meteorológicos disponibilizados no sítio do Alerta Rio. Este trabalho mostrou-se bastante promissor por oferecer uma oportunidade de se contextualizar o ensino de física e articulá-lo com outras áreas do conhecimento, além de incentivar a autonomia e a interação dos alunos através da pesquisa, da coleta de dados e da análise de resultados.

Palavras-chave: Ensino de Física, Atividades Investigativas, Ilha de Calor, Contextualização.

ABSTRACT

URBAN HEAT ISLAND. A PROPOSAL FOR INVESTIGATIVE ACTIVITY BASED ON USE OF ARDUINO BOARD.

Alipson de Assis Melo dos Santos

Orientadores

Prof. Dr. Helio Salim de Amorim

Profa. Dra Claudine Pereira Dereczynski

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

studies of phenomena related to climate are often great opportunities to contextualize the teaching of physics, especially thermal physics. In this work it is done an investigative study on the urban heat island, a climatic phenomenon caused mainly by the Human action, which has increasingly influenced the quality of life of people living in urban centers. The phenomenon is analyzed through activities which students collect temperature and relative humidity data and build their graphics in Excel. The developed investigative activities are based on the use of the Arduino board and meteorological data available on the website of Alerta Rio. This work proved to be very promising for providing an opportunity to contextualize and articulate the physical education with other areas of knowledge, in addition to encourage autonomy and student interaction through research, data collection and analysis of results.

Keywords: Physics Teaching, Investigative Activities, Heat Island, contextualization.

Sumário

Introdução.....	1
1 Referencial Teórico.....	3
1.1 Justificativa para a Escolha da Metodologia.....	3
1.2 A questão Ambiental no Ensino.....	7
2 Ilha de Calor Urbana.....	12
2.1 Conceito e Causas.....	12
2.2 Detecção do Fenômeno.....	17
2.3 Consequências do Fenômeno.....	21
2.4 Alternativas para Mitigar o Fenômeno.....	22
3 Aplicação ao Ensino de Física.....	25
3.1 Breve Análise Sobre a Abordagem do Fenômeno em Livros Didáticos de Física e no Vestibular.....	25
3.2 Atividade 1.....	31
3.3 Atividade 2.....	33
3.31 Coleta e Análise de Dados	39
3.4 Atividade 3.....	47
3.41 Primeira Coleta e Análise de Dados.....	51
3.42 Segunda Coleta e Análise de Dados.....	57
Conclusão.....	67
Referências Bibliográficas.....	68
Anexo A Unidade eletrônica de medida e armazenamento de dados da miniestação meteorológica.....	74
A.1 Materiais.....	74
A.2 Montagem.....	75
A.3 O programa (sketch).....	77

Anexo B Construção da miniestação meteorológica.....	83
B.1 Materiais.....	83
B.2 Instruções de montagem.....	86
B.3 Conexões utilizadas.....	95
Anexo C Procedimentos para a coleta de dados da atividade 2	96
Material Instrucional - Investigação do Fenômeno Ilha de Calor Urbana Através da Utilização da Placa Arduino e de um Sítio Oficial de Meteorologia.....	100

Introdução

Antes de iniciar este trabalho era de grande importância encontrar a resposta à seguinte questão: Como contextualizar o ensino de física através da abordagem de um tema atual capaz de estreitar os laços entre escola e comunidade e entre componentes curriculares do ensino médio para construir um conhecimento que não somente transformasse o pensamento, mas que provocasse a ação dos agentes envolvidos? A proposta pedagógica (ensino por investigação), aliada à escolha do tema (ilha de calor urbana) foram a resposta. O ensino de física, de um modo geral, vem ocorrendo de forma desarticulada da realidade dos alunos, dá ênfase ao acúmulo de informações e à memorização de fórmulas que são utilizadas em situações artificiais. Como professor regente no ensino médio percebo a necessidade de se contextualizar o ensino de física através de uma prática que privilegie a coleta de dados e informações, a análise e a interpretação de fenômenos presentes na vida cotidiana do aluno permitindo a ele questionar, formular hipóteses e tirar suas próprias conclusões incentivando-o, deste modo, a construir e reconstruir seus conhecimentos, desenvolvendo assim sua capacidade de raciocínio.

A nossa proposta é contextualizar a física térmica, envolvendo os estudantes em atividades investigativas cujo foco são as ilhas de calor urbanas, um fenômeno que vem sendo apontado por muitos pesquisadores em climatologia como um dos principais problemas ambientais a serem enfrentados pelo homem no século XXI. As ilhas de calor urbanas são, hoje, tema de diversas pesquisas no Brasil e no mundo tratando-se, portanto, de um problema atual que tem influenciado cada vez mais a qualidade de vida das pessoas que moram nos centros urbanos. A escolha da metodologia (atividade investigativa) deve-se à contribuição que o ensino de física pode dar na formação de cidadãos autônomos, capazes de construir o próprio conhecimento, atuando criticamente na sociedade em que vivem e o ensino por investigação é uma das metodologias que pode colaborar neste sentido.

Conhecimentos de Física assim como de geografia, biologia e história, por exemplo, são indispensáveis para a compreensão das causas e efeitos do fenômeno. Como se pode notar esse tema é rico, não apenas por se tratar de um

assunto atual presente no cotidiano dos nossos alunos, mas por ser interdisciplinar e, além disso, é uma excelente oportunidade de se conscientizar nossos estudantes sobre questões ambientais pois a própria Constituição Federal, em seu artigo 225, dispõe que o meio ambiente é um bem de uso comum do povo e um direito de todos os cidadãos, das gerações presentes e futuras, estando o poder público e a coletividade obrigados a preservá-lo e a defendê-lo. A escola, como principal órgão responsável pela difusão do conhecimento, deve elaborar e por em prática projetos que conscientizem e estimulem os estudantes a preservar o meio ambiente.

No capítulo 1, justifica-se, através dos referenciais teóricos, o uso da metodologia de ensino por investigação que representa a base para as atividades desenvolvidas nesta dissertação. Em seguida elabora-se uma breve abordagem teórica sobre a importância da educação ambiental, especialmente no ensino de física.

No capítulo 2, conceitua-se o fenômeno ilha de calor urbana, apresentando as causas, formas de detectar, consequências, principalmente para a saúde humana, e alternativas para mitigá-lo.

No capítulo 3, encontram-se os resultados da investigação do assunto estudado em livros de física de ensino médio e no vestibular, e em seguida são propostas 3 atividades investigativas. Ressalta-se que as atividades investigativas presentes neste capítulo terão como base a utilização da placa Arduino. Caso não seja possível a construção, pelo professor e seus alunos, do aparato experimental que está sendo proposto, em uma das atividades propõe-se investigar a atuação de ilhas de calor urbanas através da coleta de dados em sítios de instituições meteorológicas oficiais. Outra atividade a ser realizada é a identificação das classes do desconforto térmico dos ambientes investigados.

1 Referencial Teórico

1.1. Justificativa Para a Escolha da Metodologia

Aprender física sempre foi tarefa difícil para a maioria dos alunos. Esta dificuldade, muitas vezes, deve-se ao método de ensino tradicional baseado quase que exclusivamente na memorização de fórmulas para resolução de problemas objetivos, ainda empregado por muitos professores de física das escolas públicas de ensino médio. Nesta concepção de ensino há uma forte tendência ao uso excessivo de exercícios padronizados, geralmente algébricos onde o raciocínio utilizado para resolvê-los, bem como suas soluções devem ser exatamente aqueles esperados pelo professor. Nas aulas tradicionais não há interesse em despertar curiosidades tão pouco permitir a formulação de hipóteses pelos alunos, não há espaço para a discussão de ideias, pois o objetivo é memorizar a maior quantidade de informações transmitidas pelo professor. Os Parâmetros Curriculares Nacionais afirmam:

O ensino de física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas (BRASIL, 2000).

Segundo Carvalho (2010) nas aulas de laboratório não é diferente, geralmente os alunos devem seguir passo a passo uma espécie de guia, tipo “receita de cozinha” para chegar ao resultado já esperado, comprovando assim, a teoria. Os laboratórios tradicionais permitem apenas a manipulação de equipamentos e a observação de fenômenos. Borges (2002), baseado nos trabalhos de Dewey, Piaget, Vigotsky, entre outros, chegou à seguinte conclusão:

O importante não é a manipulação de objetos e artefatos concretos, e sim o envolvimento comprometido com a busca de respostas/soluções bem articuladas para as questões colocadas, em atividades que podem ser puramente de pensamento. Nesse sentido, podemos pensar que o núcleo dos métodos ativos (pode-se até chamá-los de trabalhos ou atividades práticas, para significar que está orientado para algum propósito), não envolve necessariamente atividades típicas do laboratório escolar (BORGES, 2002).

Há várias décadas o método tradicional vem sendo a metodologia de ensino preferida pelos professores de física das escolas públicas de ensino médio o que contribuiu para rotular a física como uma matéria enfadonha e difícil de ser compreendida pelos estudantes. O problema não está exatamente no método tradicional, muito pelo contrário, essa concepção de ensino também contribuiu e muito para o aprendizado de física, o problema está em adotar apenas essa metodologia para ensinar, ou seja, é importante diversificar as técnicas de ensino, permitindo novos olhares para os conteúdos trabalhados. Considerando que em uma sala de aula encontra-se uma diversidade de alunos que aprendem de formas diferentes, variar a metodologia de ensino certamente enriquecerá as aulas e facilitará a aprendizagem em física contribuindo para uma maior autonomia, o que permitirá aos estudantes continuar aprendendo. Vejamos o que dizem os PCNS:

Os objetivos do Ensino Médio em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo. Para a área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, isto é particularmente verdadeiro, pois a crescente valorização do conhecimento e da capacidade de inovar demanda cidadãos capazes de aprender continuamente, para o que é essencial uma formação geral e não apenas um treinamento específico (BRASIL, 2000).

Conforme os PCNS afirmam, a física tem sua própria maneira de lidar com o mundo, traduzindo-se em habilidades relacionadas à investigação, identificando em primeiro lugar, questões e problemas a serem resolvidos, estimulando a observação, classificação e organização dos fatos e fenômenos à nossa volta. Hoje é possível

encontrar diversas metodologias que visam a uma aprendizagem significativa e entre elas destaca-se o ensino por investigação, uma metodologia voltada para a problematização de conteúdos, em particular, ligados à física. Azevedo (2004), no entanto, deixa claro que:

Essa investigação, porém, deve ser fundamentada, ou seja, é importante que uma atividade de investigação faça sentido para o aluno, de modo que ele saiba o porquê de estar investigando o fenômeno que a ele é apresentado. Para isso é fundamental nesse tipo de atividade que o professor apresente um problema sobre o que está sendo estudado. A colocação de uma questão ou problema aberto como ponto de partida é ainda um aspecto fundamental para a criação de um novo conhecimento (AZEVEDO, 2004).

Para Moreira e Levandowski (1983), a solução de problemas através de atividades investigativas deve ter como foco a participação ativa do aluno, de modo que este possa pensar, expor suas ideias, questionar e interagir, construindo assim seu próprio conhecimento. A construção dos próprios conhecimentos se dará de forma progressiva na medida em que os alunos são estimulados a usar um conhecimento já adquirido na solução de outro problema, Carvalho (2006) afirma que os professores têm papel importante na formação da autonomia dos alunos quando elaboram questões desafiadoras, permitindo assim o conhecimento de enfoques próprios da cultura científica promovendo um processo de enculturação científica. A autora classifica a atuação do professor e dos alunos em diferentes níveis de envolvimento com a atividade investigativa e propõe uma graduação para estudar o que chama de graus de liberdade que os professores oferecem aos estudantes. Na Tabela 1 a autora acentua a utilização de atividades investigativas práticas ou de laboratórios.

Tabela 1 - Graus de Liberdade Professor(P)/Aluno(A) na aula de laboratório.

	GRAU I	GRAU II	GRAU III	GRAU IV	GRAU V
Problema	-	P	P	P	A/P
Hipóteses	-	P/A	P/A	P/A	A
Plano de Trabalho	-	P/A	A/P	A	A
Obtenção dos Dados	-	A/P	A	A	A
Conclusão	-	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Sociedade

Fonte : Carvalho 2006

Segundo Carvalho (2006) o grau I não caracteriza um trabalho investigativo pois só há a atuação do professor, representando assim uma típica aula tradicional. A partir do grau II observa-se aspectos que são próprios da cultura científica onde o professor propõe um problema, mas orienta seus alunos na elaboração de hipóteses e do plano de trabalho. Com a orientação dos professores, os alunos passam a registrar dados, sendo que as conclusões podem ser elaboradas exclusivamente pelo grupo de alunos, mas apresentada e discutida por toda a sala, ressaltando a necessidade do conhecimento ser divulgado, assim como ocorre na Ciência. Este é um ponto muito importante no processo de enculturação científica. Os níveis III e IV possibilitam mais liberdade aos alunos e o nível V é o que se propõe nos cursos de mestrado e doutorado, em que o aluno pode pensar em um problema e solucioná-lo.

Segundo Carvalho *et al.* (1998) ao verificar o papel de uma investigação fica clara a mudança de atitude que essa metodologia pode proporcionar tanto no aluno como na prática do professor, sendo este o responsável por elaborar problemas a serem resolvidos, promover oportunidades para a reflexão, estabelecer métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as ideias são respeitadas.

Azevedo (2004) estabelece 6 estágios para a realização das atividades investigativas.

- Proposta do Problema: O problema deve ser proposto na forma de uma pergunta que não seja muito específica de modo a estimular a curiosidade científica dos estudantes e gerar uma ampla discussão sobre o assunto.

- Levantamento de hipóteses: Após a proposição do problema, os alunos devem elaborar hipóteses sobre a solução deles, através de uma discussão.

- Elaboração do Plano de Trabalho: Levantadas as hipóteses, discute-se as formas de realização do experimento.

- Montagem do Arranjo Experimental e Coleta de Dados: Nesta etapa os alunos manipulam o material.

- Análise de Dados: Análise dos dados obtidos com o objetivo de colher informações sobre a questão-problema.

- Conclusão: Na conclusão, deve-se formalizar uma resposta ao problema inicial discutindo a validade (ou não) das hipóteses iniciais e as consequências delas derivadas.

1.2. A Questão Ambiental no Ensino

É indiscutível que a atividade humana, em seus mais variados contextos, contribui direta ou indiretamente para o desequilíbrio do meio ambiente. Segundo Reigota (2001):

“Os problemas ambientais foram criados por homens e mulheres e deles virão as soluções. Estas não serão obras de gênios, de políticos ou tecnocratas, mas sim de cidadãos e cidadãs” (REIGOTA, 2001).

Segundo Krohling *et.al.* (2014) a expressão meio ambiente (*milieuambiance*) foi utilizada pela primeira vez pelo naturalista francês Geoffrey de “*SAINT-HILAIRE*” em sua obra *Étudesprogressives d´unnaturaliste*, de 1835, onde *milieu* significa o lugar onde está ou se movimenta um ser vivo, e *ambiance* designa o que rodeia esse ser. De acordo com o artigo 3º inciso 1 da lei 6938/1981 entende-se por meio ambiente o conjunto de

condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. O meio ambiente tem sido, nas últimas décadas, objeto de diversas pesquisas em todo o mundo devido às ações que o ser humano exerce sobre ele e pela resposta que ele dá ao ser humano. A educação é fundamental para buscar entender e resolver problemas ambientais e o ensino de física, em particular, muito tem a contribuir neste sentido pois desenvolveu-se ao longo de décadas tendo como principal “inspiração” a natureza, ou seja, as buscas de Leis que representem a natureza e seus fenômenos, afetando a vida do homem de forma imensurável.

A Política Nacional de Educação Ambiental estabelecida pela lei 6.938/1981 destaca a importância da educação ambiental na formação de cidadãos ambientalmente conscientes devendo ser trabalhada de maneira completamente oposta a um ensino mecanizado, caracterizado pela transmissão de conhecimentos científicos.

A Educação Ambiental é uma área da educação e se preocupa em conscientizar os educandos sobre a dinâmica que envolve o meio ambiente, além das questões que causam seu desequilíbrio, produzindo agravos à natureza, visando à reflexão e à mudança de postura com vistas a uma sociedade sustentável. Assim, a problemática ambiental exige mudanças de comportamentos, discussão e construção de diferentes formas de pensar e agir na relação com a natureza. Para isso, é fundamental uma reflexão mais abrangente sobre o processo de aprendizagem, para que esta se torne significativa aos alunos e para que os objetivos propostos pela Educação Ambiental sejam atendidos. Além disso, é necessário que os conhecimentos aprendidos em situações formais de ensino possibilitem aos estudantes resolverem novos problemas e consigam transferi-los para outras situações (ZOMPERO *et al.*, 2014).

O caráter interdisciplinar da educação ambiental ganhou atenção através da lei 9.795/ 1999, conforme percebe-se no artigo 2º :

A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal (PNEA. BRASIL, 1999).

e também no artigo 10

A educação ambiental será desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal (PNEA. BRASIL, 1999).

A ilha de calor, foco de nossa investigação, é um fenômeno climático cujas características (conceito, causa, consequência, mitigação) relacionam-se a diversas áreas do conhecimento, sendo, portanto, um tema interdisciplinar.

A Conferência Intergovernamental de Educação Ambiental de Tbilisi definiu, em 1977, como princípios da Educação Ambiental a serem desenvolvidos nas escolas:

- 1- *Considerar o ambiente em sua totalidade, ou seja, em seus aspectos naturais e artificiais, tecnológicos e sociais (econômico, político, técnico, histórico-cultural, moral e estético);*
- 2- *Constituir-se num processo contínuo e permanente, iniciado na pré-escola e continuando através de todas as fases do ensino formal e não-formal;*
- 3- *Empregar um enfoque interdisciplinar, aproveitando o conteúdo específico de cada disciplina, para que se adquira uma perspectiva global e equilibrada;*
- 4- *Examinar as principais questões ambientais, dos pontos de vista local, nacional, regional e internacional, de modo que os educandos tomem conhecimento das condições ambientais de outras regiões geográficas;*
- 5- *Concentrar-se nas situações ambientais atuais e futuras, tendo em conta também a perspectiva histórica;*
- 6- *Insistir no valor e na necessidade da cooperação local, nacional e internacional, para prevenir e resolver os problemas ambientais;*

- 7- *Considerar, de maneira clara, os aspectos ambientais nos planos de desenvolvimento e de crescimento;*
- 8- *Fazer com que os alunos participem na organização de suas experiências de aprendizagem, proporcionando-lhes oportunidades de tomar decisões e de acatar suas consequências;*
- 9- *Estabelecer uma relação, para os alunos de todas as idades, entre a sensibilização pelo ambiente, a aquisição de conhecimentos, a capacidade de resolver problemas e o esclarecimento dos valores, insistindo especialmente em sensibilizar os mais jovens sobre os problemas ambientais existentes em sua própria comunidade;*
- 10- *Contribuir para que os alunos descubram os efeitos e as causas reais dos problemas ambientais;*
- 11- *Salientar a complexidade dos problemas ambientais e, conseqüentemente, a necessidade de desenvolver o sentido crítico e as aptidões necessárias para resolvê-los;*
- 12- *Utilizar diferentes ambientes educativos e uma ampla gama de métodos para comunicar e adquirir conhecimentos sobre o meio ambiente, privilegiando as atividades práticas e as experiências pessoais.*

A abordagem da Educação Ambiental deve propiciar uma postura crítica e transformadora de valores, de forma a reorientar atitudes para a construção de sociedades sustentáveis, reconhecer o protagonismo social e colocar o próprio educando como componente, agente da gestão sustentável e beneficiário da repartição de recursos do meio ambiente.

A ilha de calor urbana é um fenômeno climático que vem trazendo consequências desastrosas para o ser humano o que torna imprescindível a compreensão de suas origens e, sendo assim, entendemos que o ensino de física, de forma articulada

ou não com outras áreas do conhecimento pode e deve colaborar na elucidação do fenômeno, pois a aprendizagem científica deve ser capaz de transformar o modo de pensar e de agir dos cidadãos, tornando-os aptos a atuar na sociedade em que vivem.

2 Ilha de Calor Urbana

2.1 Conceito e Causas

Em 1765 a máquina a vapor, aperfeiçoada pelo engenheiro escocês James Watt, passou a substituir a força animal e humana no funcionamento das máquinas industriais, dando início ao período denominado revolução industrial que transformou toda a estrutura social da Europa. Segundo Nelson e Sampat (2001) a revolução industrial deu início a um desenvolvimento cumulativo e auto-sustentado do avanço da tecnologia e do conhecimento, com influência em todos os aspectos da economia.

O processo de industrialização provocou um maciço deslocamento da população rural para as cidades em busca de trabalho nas fábricas e melhoras salariais originando o fenômeno da urbanização. A urbanização é considerada um símbolo do progresso e do desenvolvimento, porém, diversos estudos vêm apontando que ela é a principal responsável pela queda da qualidade de vida no meio urbano provocando alterações significativas no meio ambiente.

O processo de urbanização produz não só uma mudança extrema no meio ambiente e nas propriedades atmosféricas das cidades, como também na qualidade de vida das populações, que vão além do desconforto térmico. Modificações no balanço de energia (BE) à superfície, albedo, distribuição de umidade, concentração de poluentes, radiação e na temperatura da superfície, são indicadores dos impactos locais originados pelo crescimento dos centros urbanos e das atividades antrópicas sobre o meio ambiente (SANTOS e LIMA, 2013).

A radiação solar visível, também conhecida como radiação de onda curta, possui comprimentos de onda que estão compreendidos na faixa de 0,4 a 0,7 micrômetros. Embora a atmosfera seja bastante transparente à radiação solar incidente, em média apenas 25% desta radiação atinge diretamente a superfície Terrestre e o restante ou é refletido de volta para o espaço ou absorvido ou espalhado em volta até atingir a superfície da Terra ou retornar ao espaço.

A razão entre a luz solar refletida e a incidente chama-se albedo, um importante fator considerado no balanço de radiação e energia da superfície. As superfícies urbanas (Figura 1) como paredes de tijolo ou concreto, telhas de barro ou amianto e

principalmente as escuras como o asfalto são grandes absorvedoras da radiação solar e, portanto, possuem baixo albedo. Estruturas com elevado albedo, onde a diferença entre a temperatura do ar e a superfície são em média de 10⁰C costumam ser chamadas de superfícies frias.

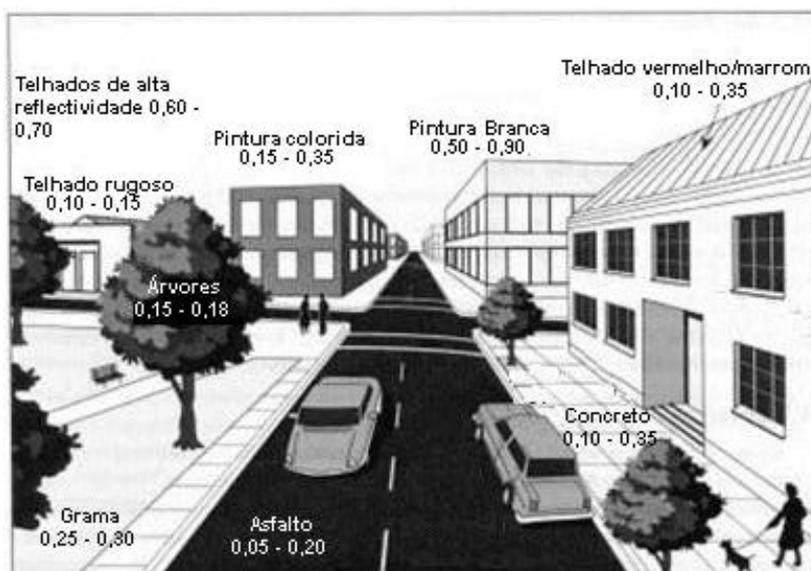


Figura 1 - Albedo de materiais urbanos. Fonte: Sítio da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, 2003

Ao se comparar variações de temperatura que ocorrem no meio urbano e no meio rural, durante um mesmo período, poderão ser observadas diferenças significativas. De acordo com Fialho (2012), por exemplo, as reduções de temperatura que ocorrem entre o dia e a noite na área rural são maiores do que as que ocorrem na área urbana, porque nesta, devido à cobertura do solo, há um tempo de re-emissão maior da radiação solar terrestre durante a noite.

As mudanças no BE^(*) à superfície podem ser geralmente observadas nas áreas urbanas, com aumento na radiação solar refletida e aumento na emissão de radiação infravermelha, diminuição nos valores de fluxo de calor latente (LE) e aumento nos valores de fluxo de calor sensível (H), aumento no armazenamento de energia em superfície, através de prédios e obstáculos, além da adição do termo de emissão de calor

^(*)Exposição sistemática dos fluxos e transformações de energia em um sistema. As fontes de energia ou ondas de energia são as entradas e saídas do sistema em observação.

antropogênico na equação do BE. A presença de radiação térmica no *clima urbano é devido a duas origens: a primeira refere-se à quantidade de radiação solar ganha, armazenada e difundida por emissão, reflexão, condução e convecção e a segunda é referente à radiação proveniente da ação antropogênica (SANTOS e LIMA, 2013).

Os primeiros registros sobre diferenças de temperatura entre o meio urbano e rural foram feitos por Luke Howard em 1833 que publicou um estudo sobre o clima de Londres e apontou um “excesso de calor artificial” nas cidades, mas foi apenas em 1960, que Gordon Manley definiu esse fenômeno como ilha de calor urbana.

A ilha de calor urbana é o calor característico das áreas urbanas, quando comparada com seus arredores (não urbanizados) e geralmente refere-se ao aumento na temperatura do ar (principalmente a noite), mas pode igualmente referir-se ao calor relativo da superfície ou materiais sub-superficiais (MANLEY, 1958).

As ilhas de calor urbanas vêm sendo apontadas por muitos pesquisadores em climatologia como um dos principais problemas ambientais a serem enfrentados pelo homem no século XXI. Sua intensidade máxima ocorre nos centros das cidades devido a uma série de fatores que foram enumerados por diversos autores, entre eles Oke (1973), Lombardo (1985), Baptista (2010), Gartland (2010), Mendonça (1994), Landsberg (1981), Moreno (1999) e Pazera Júnior (1975).

- a) Grande armazenamento de calor durante o dia devido às propriedades térmicas (condutividade térmica e capacidade térmica) dos materiais de construção utilizados nos ambientes urbanos e re-emissão para a atmosfera durante a noite;
- b) Diminuição do fluxo de calor latente^(*) devido ao aumento de superfícies impermeáveis, redução da vegetação e da água da chuva que é transportada através de canalização;
- c) Adição de calor antropogênico na área urbana através de indústrias, tráfego de veículos e habitação;

^(*)Essa questão se refere ao calor usado nas mudanças de fase da água em sua passagem, principalmente, do estado líquido para o estado de vapor. A evaporação da água retida no solo e nos vegetais ajuda a amenizar o aquecimento.

- d) Redução da perda de calor sensível devido à redução no fluxo de vento em função da fricção com as estruturas prediais urbanas, reduzindo as trocas de ar da cidade com o ar mais frio da zona rural circundante e afetando os processos evaporativos capazes de contribuir para os resfriamentos climáticos;
- e) Menores perdas de radiação de ondas longas nas ruas e cânions urbanos, devido à redução do fator de visão do céu pelos prédios e edifícios;
- f) Fonte de calor sazonal: calor oriundo das estruturas urbanas (edifícios, casas), no inverno, e calor lançado na atmosfera urbana por aparelhos de ar-condicionados no verão.
- g) Cidades de latitudes baixas apresentam os casos mais severos onde as diferenças de temperatura entre as áreas urbanas e rurais podem chegar a 10⁰C.

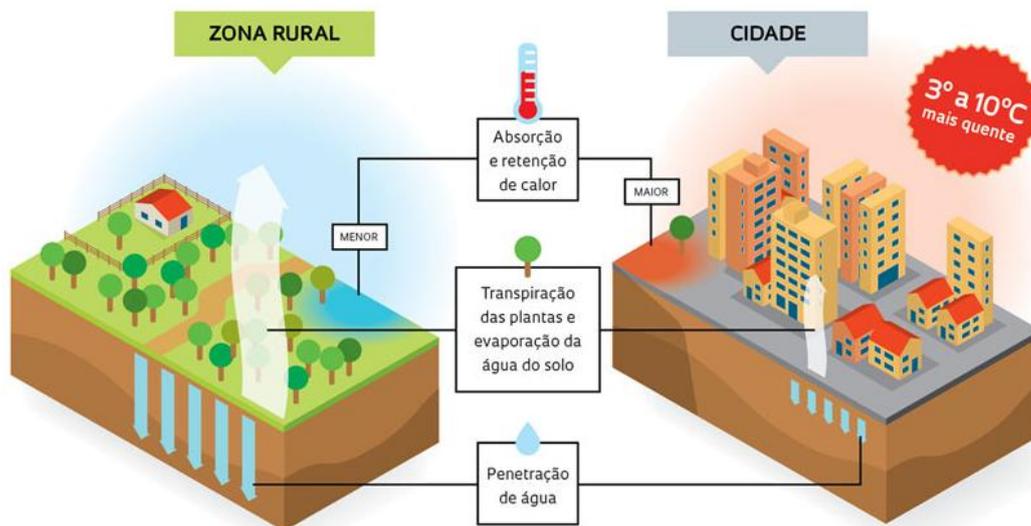


Figura 2 - Causas de formação de ilhas de calor urbanas.

Fonte: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/10/11/ilha-de-calor-na-amazonia/>

Segundo Freitas (2015) as ilhas de calor podem ocorrer durante qualquer período do dia ou da noite, porém, sua intensidade máxima geralmente ocorre ao anoitecer, pois a área rural resfria-se mais rápido que a área urbana, determinando assim grandes diferenças de temperatura. Gartland (2010) afirma que a intensidade das ilhas de calor é maior em dias calmos e claros do que em dias nublados e com ventos, pois em dias claros mais energia solar é capturada e ventos mais brandos removem o calor de maneira mais lenta.

Em Tumanov *et al.* (1999), foram feitas medições em duas estações urbano-rurais em Bucareste, na Romênia em 1994. Em dias nublados e com ventos, a diferença de temperatura entre a área urbana e rural foi de apenas 1⁰C à noite. Em dias claros e calmos, a intensidade da ilha de calor chegou a 3,6⁰C.

A ilha de calor caracteriza-se por três aspectos principais: forma, intensidade e localização do seu núcleo mais quente. Esses aspectos são distintos em cada cidade, em função do momento do dia e da época do ano, das condições atmosféricas, da localização geográfica, incluindo sua morfologia natural, como morros, corpos hídricos e áreas verdes, e das propriedades térmicas dos materiais que compõem a superfície urbana (LUCENA, 2012).

Observando o gráfico de distribuição espacial e temporal do campo de temperatura da cidade, pode-se concluir que há uma distribuição de isotermas que faz lembrar as curvas de nível da topografia de uma ilha, o que dá origem ao nome ilha de calor. Sua intensidade vai diminuindo em direção à periferia como pode ser observado na Figura 3.

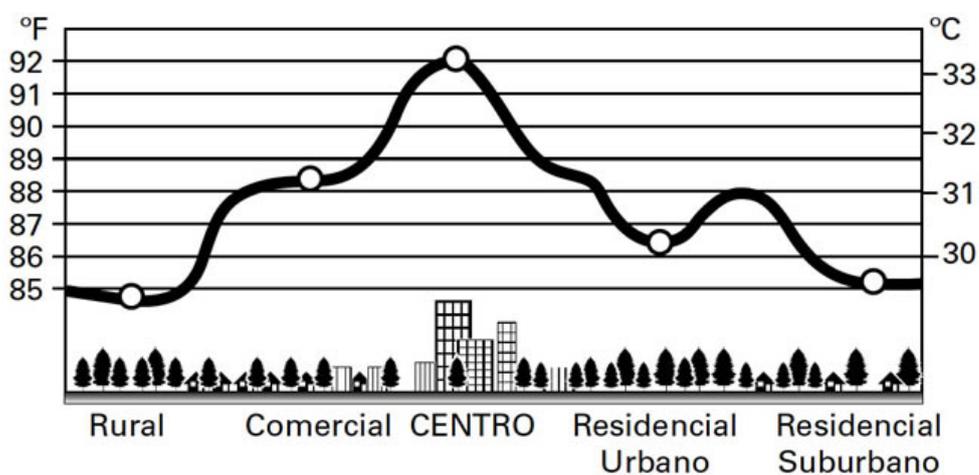


Figura 3 - Perfil de Ocorrência de uma Ilha de Calor. Fonte: Sítio da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, 2003

As ilhas de calor urbanas têm origem antropogênica, mas suas causas também estão relacionadas a fenômenos naturais. Rizwan *et al.* (2008) apontam as variáveis controladas e não controladas como causas de formação de ilhas de calor (Figura 4).

Fatores como cobertura do solo, poluição e condições climáticas, quando combinados, podem intensificar o fenômeno.

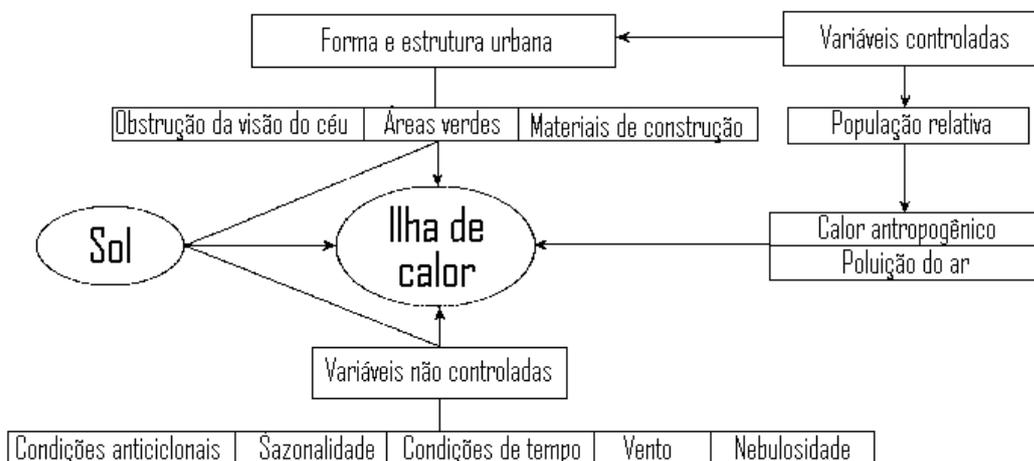


Figura 4 - Variáveis controladas ou não responsáveis pela formação da ilha de calor. Fonte: Adaptado de Rizwan *et al.* (2008).

2.2 Detecção do Fenômeno

Basicamente a atuação de ilhas de calor urbanas é verificada através de dois procedimentos: Registro da temperatura do ar e registro do calor emitido pela superfície. Na identificação da ilha de calor urbana através do calor emitido pela superfície é usada uma técnica conhecida como sensoriamento remoto (Figura 5).

O sensoriamento remoto pode ser entendido como uma série de procedimentos que possibilitam a obtenção de dados sobre os recursos naturais da Terra ou seu meio ambiente através de sensores que podem ser instalados em aviões, foguetes, balões e satélites. Esses sensores têm a função de captar a radiação eletromagnética emitida ou refletida por um alvo, convertendo-a em um sinal que é posteriormente processado em terra com a finalidade de gerar imagens (SLATER, 1980).

- (A) Fonte de energia ou iluminação
- (B) Radiação eletromagnética e atmosfera
- (C) Interação com o alvo
- (D) Registro da energia pelo sensor
- (E) Transmissão, recepção e processamento dos dados
- (F) Interpretação e análise
- (G) Aplicações

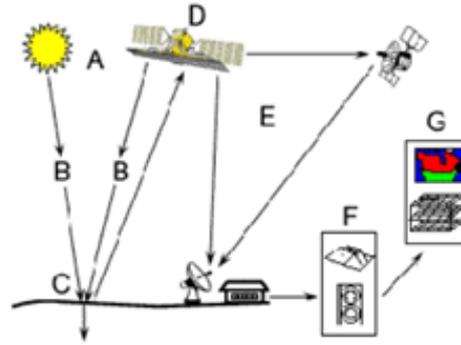
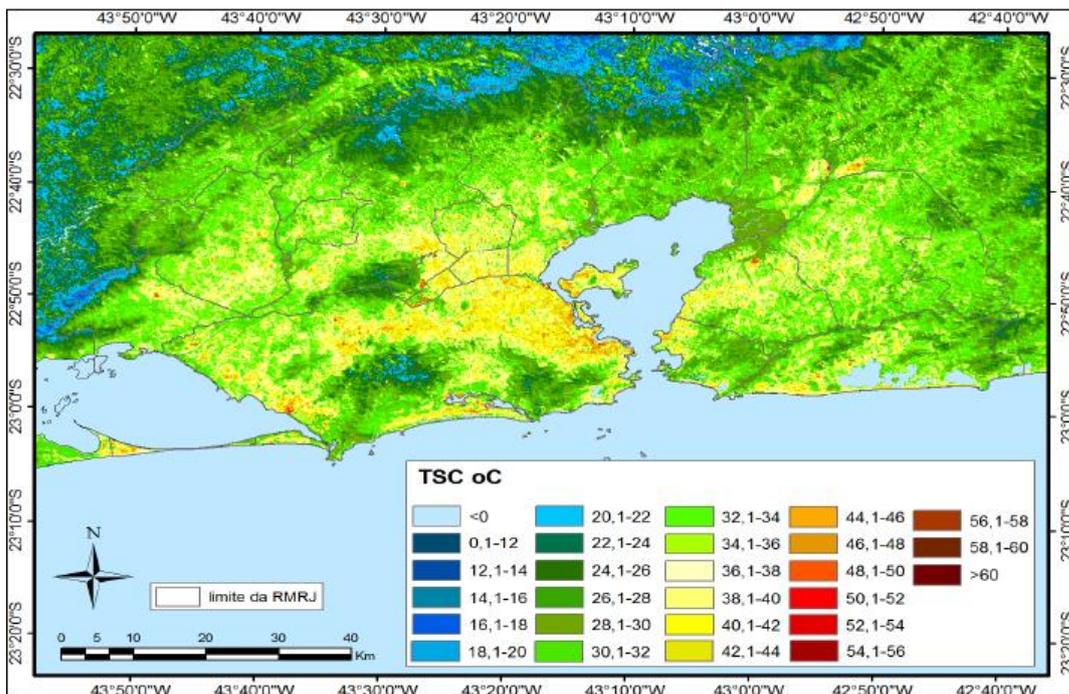


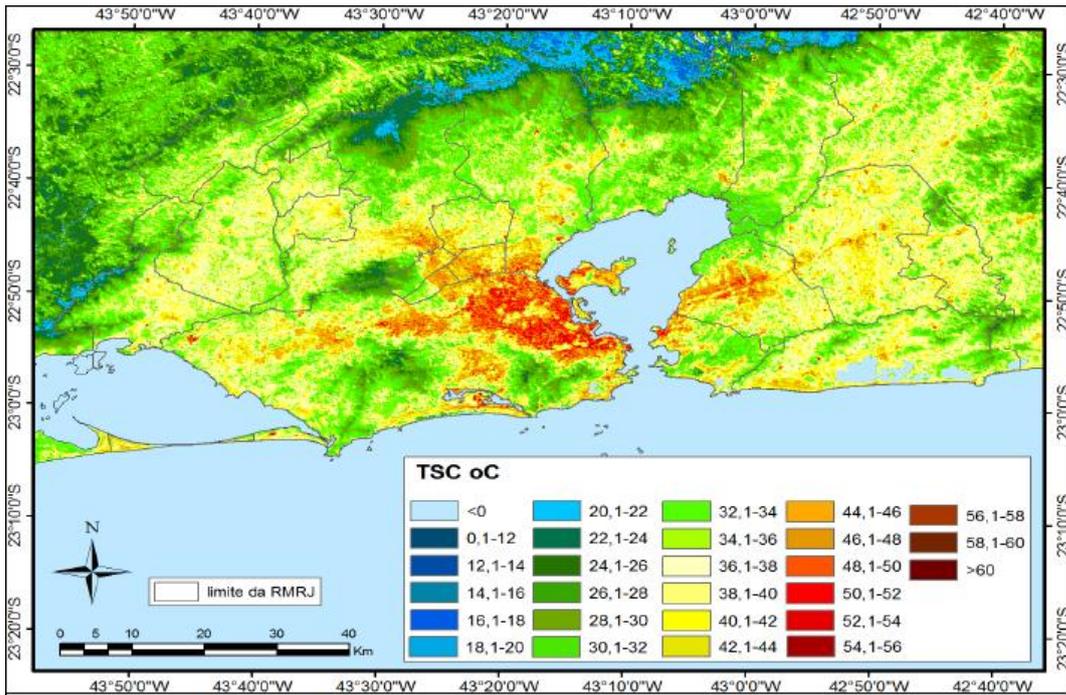
Figura 5 - Processo de Coleta de Informação. Fonte: INPE

Lucena *et al.* (2012) investigaram a presença e evolução das ilhas de calor urbanas na região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), analisando imagens de mapas termais da temperatura de superfície continental (TSC) geradas pela banda 6 do Landsat durante as décadas de 1980, 1990 e 2000, apresentadas na Figura 6. Na geração das imagens termais para análise dos dados foi utilizada a técnica da composição de máximo valor onde um certo número de imagens são combinadas para formar uma única imagem com o objetivo de selecionar o pixel com maior temperatura, facilitando a identificação de áreas mais quentes. Os autores concluíram que houve um aumento da TSC rumo à década de 2000, como também a ampliação de espaços mais quentes, reforçando a atuação da ilha de calor urbana na metrópole fluminense.

(a) Década de 1980



(b) Década de 1990



(c) Década de 2000

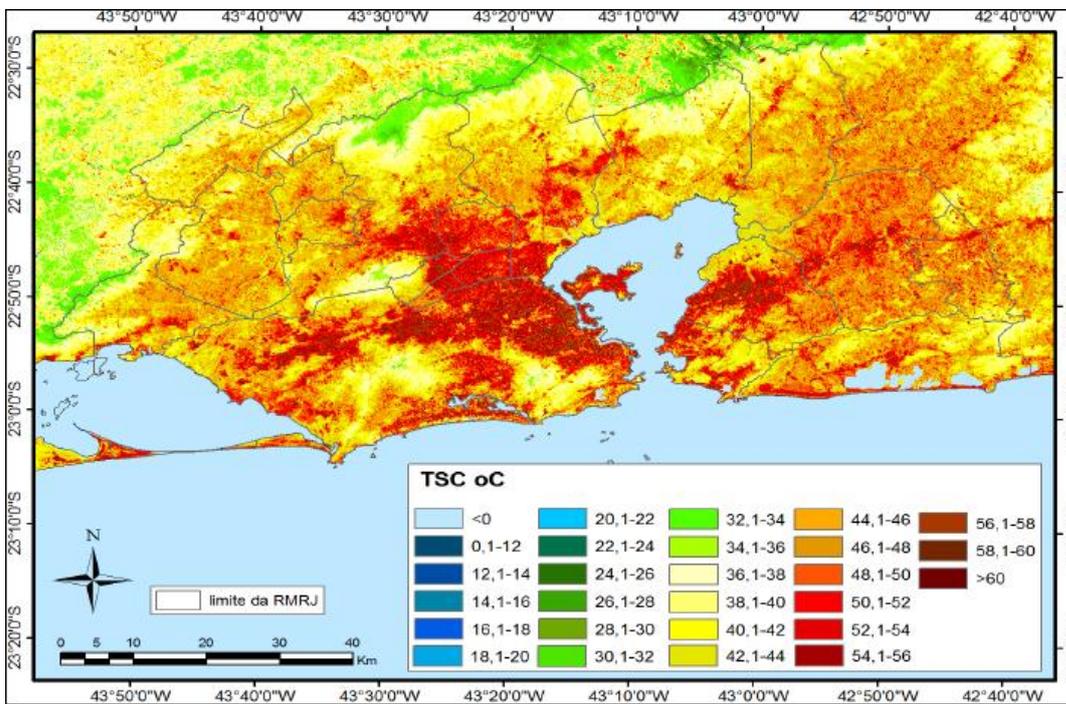


Figura 6 - Mapa da Composição de Máximo Valor da Temperatura de Superfície Continental (TSC) na Região Metropolitana do Rio de Janeiro nas Décadas de: (a) 1980, (b) 1990 e (c) 2000. Fonte: Lucena *et al.* (2012)

Para comprovar a atuação de ilhas de calor urbanas através da medida da temperatura do ar, utilizam-se, geralmente, sensores adaptados a outros componentes eletrônicos (DataLoggers) que armazenam os dados obtidos, o que permite posteriormente a construção de gráficos para análise. O uso de sensores e DataLoggers facilita a detecção da ilha de calor, pois este fenômeno é uma medida de diferença (VOOGT, 2002), que não se evidencia a partir de uma medida absoluta da temperatura, indevidamente empregada em alguns trabalhos disponíveis na literatura. Portanto, a definição conceitual e quantitativa do fenômeno ilha de calor é necessária para evitar incorreções nas análises espaciais do clima urbano (LUCENA, 2012).

Molion (2001) investigou as variações de temperatura do ar de ambientes urbano e rural na Austrália, através de uma série temporal de mais de 100 anos. O autor concluiu haver um incremento de temperatura nas estações meteorológicas localizadas nos ambientes urbanos, enquanto nas rurais houve uma tendência à manutenção da temperatura ao longo das décadas como mostra a Figura 7.

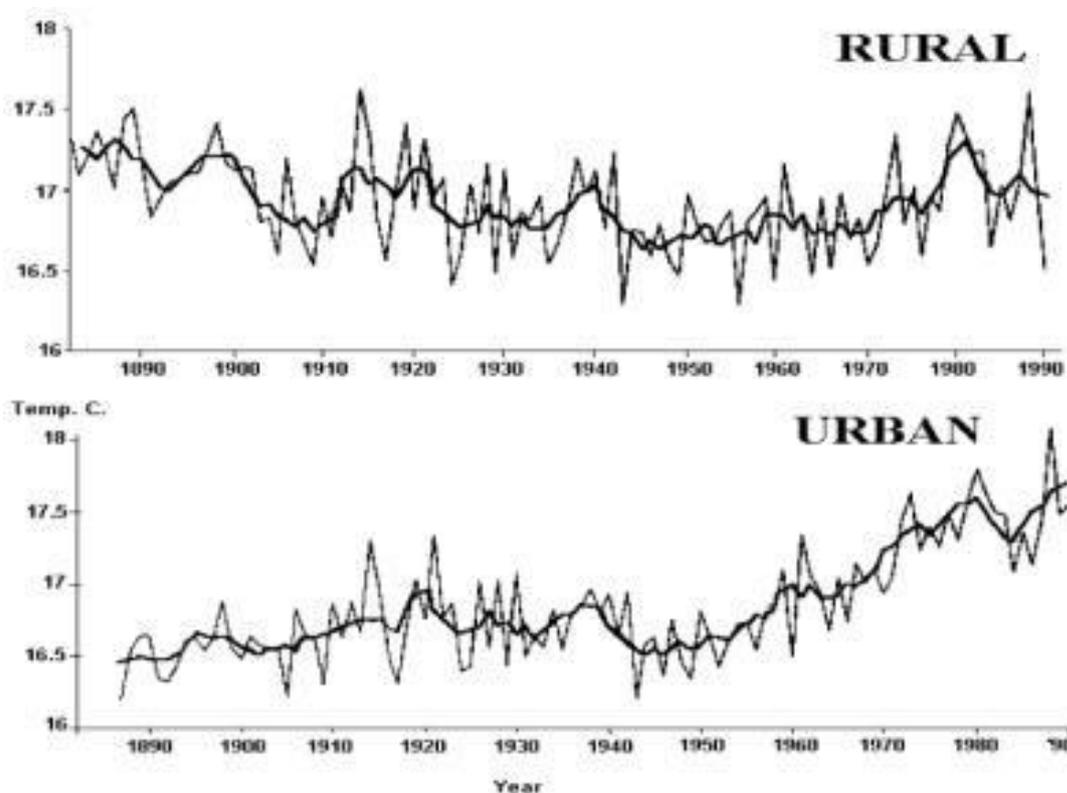


Figura 7 - Séries temporais de temperatura do ar na Austrália em ambientes rurais e urbanos.

Fonte: Molion (2001).

2.3 Consequências do Fenômeno

A urbanização, aliada ao problema da poluição atmosférica, produz, além da elevação das temperaturas no centro das grandes cidades pelos motivos já citados, o aumento dos índices pluviométricos devido a dois fatores: o primeiro está relacionado ao aumento da temperatura que provoca uma redução da pressão atmosférica na área central das cidades em relação ao seu entorno; o segundo é devido à grande quantidade de partículas na atmosfera que servem como estímulo para o processo de condensação, favorecendo a formação de nuvens de chuva. Segundo Ereno (2010) as intensas chuvas que vêm ocorrendo em um curto intervalo de tempo na cidade de São Paulo, por exemplo, deverão ficar mais intensas devido às mudanças climáticas em curso há algumas décadas. Provavelmente a maior parte dessas mudanças climáticas tenha origem na própria região metropolitana de São Paulo devido ao efeito do fenômeno chamado pelos pesquisadores de “ilha urbana de calor”.

As ilhas de calor urbanas vêm provocando alterações severas no clima das cidades de todo o mundo e trazendo, conseqüentemente, problemas sérios de saúde para a população urbana. As altas temperaturas nos ambientes urbanos proporcionam muitos inconvenientes à população em virtude dos incômodos que o calor excessivo provoca, além de aumentar significativamente o consumo de energia elétrica, usada para funcionar vários aparelhos como o ar condicionado, por exemplo.

O aumento das temperaturas durante o dia, resfriamento noturno reduzido, e níveis mais elevados de poluição do ar, em associação com as ilhas de calor urbana podem afetar a saúde humana, contribuindo para o desconforto geral, dificuldades respiratórias, fadigas de calor e exaustão, Acidente Vascular Cerebral (AVC) não-fatais, e mortalidade relacionada ao excesso de calor. Ilhas de calor também podem exacerbar o impacto de ondas de calor, que são períodos de tempo anormalmente quente e, muitas vezes, úmido. Populações mais vulneráveis, como crianças, idosos e aqueles com problemas de saúde existentes, estão particularmente em risco nesses eventos. Episódios de calor excessivo, ou o aumento da temperatura abrupta são particularmente perigosos e podem resultar em taxas de mortalidade acima da média. Os Centros de Controle de Doenças norte americanos estimam que de 1979 a 2003, a exposição excessiva ao calor contribuiu para mais de 8.000 mortes prematuras nos Estados Unidos. Esse número excede o número de mortes resultantes de furacões, raios, tornados, enchentes, terremotos e combinados (SEO *et al.*, 2011).

2.4 Alternativas para Mitigar o Fenômeno

O ser humano necessita manter a temperatura de seus órgãos internos, como o coração, cérebro e órgãos do abdômen em aproximadamente 37 °C o que obriga o corpo a estar constantemente buscando o equilíbrio térmico com o ambiente ao seu redor. Quando há a percepção pela mente humana da existência desse equilíbrio ocorre o que se chama de conforto térmico. Segundo Fanger (1970) o conforto térmico é a condição da mente que expressa a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico. Quando há um desequilíbrio entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido por este há a sensação de desconforto térmico, ou seja, se o calor perdido for superior ao gerado, sentir-se-á frio; se for inferior, a sensação será de calor. Dentre os fatores que influenciam na sensação térmica estão a temperatura e a umidade relativa do ar. A vegetação é capaz de reduzir a sensação de desconforto térmico causada pelas altas temperaturas provocadas pelas ilhas de calor, aumentando a umidade do ar, reduzindo o impacto dos raios solares no solo, evitando a concentração de gases do efeito estufa e capturando a poeira e os gases em ascensão. Por isso é tão importante que as pessoas passem a ter jardins, aumentando a área verde em suas casas, nas áreas dos edifícios, estacionamentos etc...

Segundo Vecchia (2005) além de proporcionar proteção aos materiais mais sujeitos à deterioração que revestem e impermeabilizam as lajes de cobertura, as coberturas verdes apresentam uma comprovada atenuação térmica, com a conseqüente redução dos custos energéticos para os ambientes sujeitos à sua influência, contribuindo para a eficiência energética dos edifícios por meio da redução do condicionamento eletro-mecânico.

Laar *et al.* (2001) e Vecchia (2005) enfatizam que a utilização de coberturas verdes (ver Figura 9) age positivamente sobre os subsistemas termodinâmicos (conforto ambiental), físico-químicos (qualidade do ar) e hidrometeorológico (impacto pluvial), proporcionando o aumento da qualidade de vida da população e contribuindo para a redução de problemas ambientais, em especial aos ligados à poluição, às enchentes e inundações.

Árvores e vegetação trazem muitos benefícios às comunidades, inclusive a melhoria do conforto, redução de consumo de energia, retirada de dióxido de carbono (CO₂) do ar, redução da poluição do ar e redução de enchentes (GARTLAND, 2010).



Figura 8 - Telhado verde do edifício Matarazzo, atual sede da prefeitura de São Paulo.

Sendo a Ilha de Calor Urbana um fenômeno associado, também, à absorção da radiação solar por parte das estruturas urbanas, uma das formas de amenizar o problema é a mudança da cor das superfícies para cores mais claras, que consigam refletir mais efetivamente a radiação solar. Outra forma eficaz é tornar as superfícies urbanas permeáveis.

Existem duas formas de resfriar pavimentos: (1) mudar sua cor, para uma cor mais clara, aumentando assim sua refletância solar para 25% ou mais, e/ou (2) tornando-os permeáveis, permitindo que a água seja drenada através deles durante as chuvas e seja posteriormente evaporada em dias quentes e ensolarados (GARTLAND, 2010).

O uso de espelhos d'água em parques públicos também ajudam a amenizar as altas temperaturas, pois a água, devido ao seu elevado calor específico, é capaz de absorver grandes quantidades de calor sem sofrer grandes variações de temperatura em relação aos materiais de construção, funcionando como um termo regulador do ambiente. A redução de transportes movidos à combustão nos meios urbanos através do incentivo ao uso de transportes como trens e bicicletas elétricas ou bicicletas convencionais com a implantação de ciclovias, por exemplo, também são boas alternativas para mitigar o fenômeno, porém, a principal medida para combatê-lo seria a

prevenção, através de um planejamento urbano eficiente, pois a principal causa de formação do fenômeno está associada a um processo acelerado da urbanização, degradação vegetal e ocupação desordenada.

3 Aplicação ao Ensino de Física

3.1 Breve Análise Sobre a Abordagem do Fenômeno em Livros Didáticos de Física e no Vestibular

Há onze anos atuando como professor de física em escolas públicas de ensino médio, o autor desta dissertação, ao analisar diversos livros didáticos durante esse período, percebe que, em média, oitenta por cento deles abordam os conteúdos de física de uma forma mecanizada e massiva com o objetivo claro de oferecer não mais que um treinamento específico. Verifica-se nesses textos excesso de problemas incentivando o uso de fórmulas, poucos problemas conceituais, pouco destaque a fenômenos físicos cotidianos e atividades práticas sempre seguidas por um roteiro “faça isso para obter aquilo”. O Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), implantado desde 2004 pela resolução N°38 do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, que prevê a universalização do livro didático para alunos do ensino médio das escolas públicas de todo o país foi uma excelente iniciativa, por promover, principalmente, em muitas áreas carentes, o primeiro e talvez único contato dos estudantes com os conteúdos científicos. Desde a implantação desse programa o autor desta dissertação participa da escolha do livro de física que será adotado na escola em que leciona. O mesmo vem percebendo a cada nova escolha que esses livros tornam-se menos conteudistas, havendo uma preocupação maior em apresentar o conhecimento e contextualizá-lo. Sem dúvida os conteúdos de física tornam-se mais atraentes quando contextualizados e, por isso, identificar uma possível abordagem do fenômeno ilha de calor urbana, além de conhecimentos indispensáveis a sua compreensão em livros de física de ensino médio, torna-se imprescindível.

Neste trabalho foram analisados oito livros de física (ver Tabela 2) com o objetivo de identificar abordagens sobre o fenômeno ilha de calor urbana e alguns conhecimentos importantes para sua compreensão como Calor Específico, Calor Latente, Calor Sensível, Condução Térmica, Irradiação Térmica, Convecção Térmica e Efeito Estufa. Todos os oito livros de física analisados estão incluídos na relação do PNLEM 2012.

Tabela 2 - Livros de física analisados neste trabalho

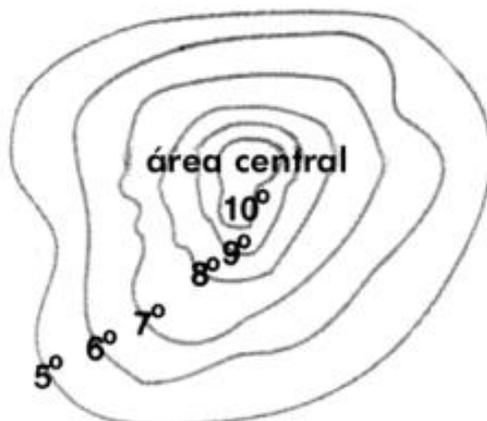
LIVRO	AUTORES	VOL	CAPACIDADE TÉRMICA	CALORESPECÍFICO	CALOR SENSÍVEL	CALOR LATENTE	CONDUÇÃO TÉRMICA	IRRADIAÇÃO TÉRMICA	CONVEÇÃO TÉRMICA	EFEITO ESTUFA	ILHA DE CALOR URBANA
QUANTA FÍSICA	Carlos Aparecido Kantor Lilio Alonso Paoliello Junior Luis Carlos de Menezes Marcelo de Carvalho Bonetti Oswaldo Canato Junior Viviane Moraes Alves	2	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✘
FÍSICA – CIÊNCIA E TECNOLOGIA	Carlos Magno A. Torres Nicolau Gilberto Ferraro Paulo Antonio de Toledo Soares	2	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✘
CONEXÕES COM A FÍSICA	Blaidi Sant'Anna Glória Marfíni Hugo Cameiro Reis Walter Spinelli	2	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✘
FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO	Fuke Kazuhito	2	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✘
FÍSICA EM CONTEXTOS PE SSOAL SOCIAL HISTÓRICO	Alexander Pogbin Maurício Pietrocola Renata de Andrade Talita Raquel Romero	2	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✘	✘
FÍSICA AULA POR AULA	Benigno Barreto Filho Cláudio Xavier da Silva	2	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✘
FÍSICA	Gualter Helou Newton	2	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✘
CURSO DE FÍSICA	Antônio Máximo Ribeiro da Luz Beatriz Alvarenga Alvarez	2	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✘
Legenda				Abordagem Presente			Abordagem Ausente				

Qualitativamente todos os livros apresentados na Tabela 2 contêm uma abordagem adequada das grandezas físicas listadas, o que torna possível conceituar o fenômeno ilha de calor urbana, mas, apesar disso, não foram encontrados registros do fenômeno em nenhum livro analisado perdendo-se, portanto, uma boa oportunidade de se contextualizar a física térmica. Vale lembrar que efeito estufa e ilha de calor urbana não são o mesmo fenômeno, embora o efeito estufa contribua para sua formação e intensificação, a ilha de calor urbana possui outras causas o que torna sua ocorrência independente do efeito estufa.

Tem sido cada vez mais frequente a presença de questões relacionadas ao fenômeno ilha de calor em exames de acesso às Universidades do Brasil. Estas questões geralmente

aparecem na área de conhecimento de geografia, mas em muitas delas é possível perceber o uso de conceitos físicos como reflexão, radiação térmica, calor, temperatura e pressão atmosférica. Tal fato reforça a importância de se conceituar o fenômeno em livros de física de ensino médio. Apresentamos a seguir algumas dessas questões.

Questão 47-UERJ 2000



(Adaptado de SENE, Eustáquio de & MOREIRA, João Carlos. Geografia Geral e do Brasil. São Paulo: Scipione, 1999.)

As isotermas, como no desenho acima, podem ilustrar um fenômeno climático típico de grandes cidades, caracterizado pela elevação da temperatura nas áreas centrais da mancha urbana devido à irradiação de calor para a atmosfera. Esse fenômeno climático, associado ao aumento dos índices de poluição, é denominado:

- a) Chuva ácida
- b) Ilha de calor
- c) Inversão térmica
- d) Aquecimento global

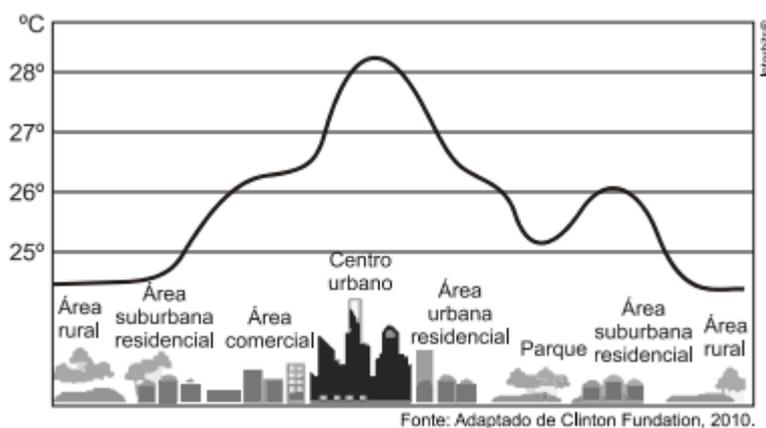
Questão 59 - ENEM 2010

As cidades industrializadas produzem grandes proporções de gases como o CO_2 , o principal gás causador do efeito estufa. Isso ocorre por causa da quantidade de combustíveis fósseis queimados, principalmente no transporte, mas também em caldeiras industriais. Além disso, nessas cidades concentram-se as maiores áreas com solos asfaltados e concretados, o que aumenta a retenção de calor, formando o que se conhece por “ilhas de calor”. Tal fenômeno ocorre porque esses materiais absorvem o calor e o devolvem para o ar sob a forma de radiação térmica. Em áreas urbanas, devido à ação conjunta do efeito estufa e das “ilhas de calor”, espera-se que o consumo de energia elétrica:

- a) Diminua devido à utilização de caldeiras por indústrias metalúrgicas.
- b) Aumente devido ao bloqueio da luz do sol pelos gases do efeito estufa.
- c) Diminua devido à não necessidade de aquecer a água utilizada em indústrias.
- d) Aumente devido à necessidade de maior refrigeração de indústrias e residências.
- e) Diminua devido à grande quantidade de radiação térmica reutilizada.

Questão 1- UFU 2011 2ª Fase

As cidades são aglomerados humanos que surgem, crescem e se desenvolvem de acordo com uma dinâmica espacial definida por circunstâncias históricas, socioeconômicas e ambientais. O processo de industrialização e a urbanização têm provocado o crescimento acelerado das cidades, bem como profundas alterações em sua superfície e em suas formas horizontais e verticais, o que resulta, quase sempre, em fontes adicionais de calor, sobretudo nas grandes cidades.

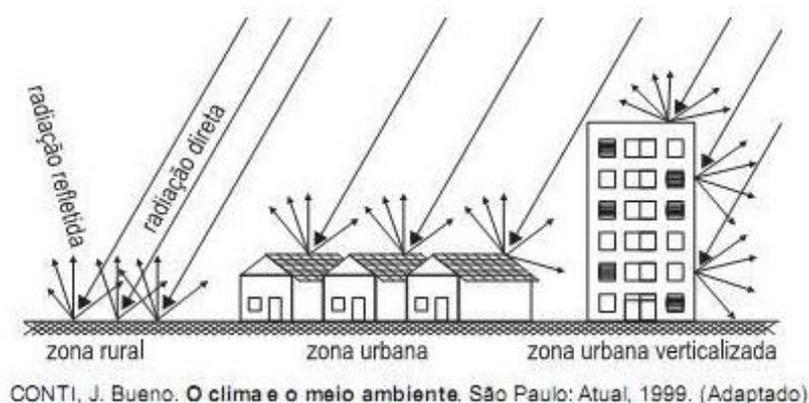


A partir das informações acima, responda as questões a seguir.

- Qual o nome do problema ambiental representado na figura?
- Explique os fatores que justificam o aumento da temperatura na área urbana e sua diminuição na área rural.
- Indique duas alternativas ambientalmente corretas que podem ser implementadas nas cidades para minimizar, ou até mesmo, solucionar o aumento da temperatura.

Questão 31- CESGRANRIO – 2010

“A figura abaixo nos mostra a radiação direta e a refletida nas zonas rural e urbana. Além disso, a concentração de poluentes, motivada pela atividade industrial e circulação de veículos, concorre para adensar a massa de micro-partículas em suspensão, as quais, por sua vez, funcionam como núcleos higroscópicos, isto é, incentivadores do processo de condensação. Por outro lado, o chamado campo barométrico local assume características específicas nas áreas urbanas. Em virtude do maior aquecimento, os valores da pressão atmosférica do setor central tornam-se mais baixos do que na periferia, criando condições de maior instabilidade (...).”



Nesse contexto, sobre os mecanismos do clima, conclui-se que

- o aumento dos índices de pressão atmosférica, nas áreas de concentração urbana, provoca chuvas frontais.
- o fenômeno da ilha de calor, nas áreas urbanas, é causado pelo aumento da evaporação.
- os fatores sociais não podem ser negligenciados na compreensão da dinâmica climática.
- os mecanismos do clima urbano criam condições de redução dos índices pluviométricos.
- a estabilidade atmosférica verificada nas grandes cidades do mundo é causada pela baixa alteração das médias anuais de precipitação nas últimas décadas.

Sugere-se que as atividades investigativas propostas a seguir sejam realizadas após o ensino de termodinâmica como forma de contextualizar e consolidar os conhecimentos já adquiridos.

3.2 Atividade 1

Em primeiro lugar foi elaborado um questionário com 5 perguntas relacionadas ao fenômeno ilha de calor urbana. Um total de 50 alunos participaram desta atividade.

Questionário:

- 1- As temperaturas que ocorrem, geralmente, nos centros urbanos e nas áreas rurais, durante um mesmo período, são iguais? Justifique.*
- 2- O que são ilhas de calor urbanas?*
- 3- Quais conhecimentos de física são necessários para a compreensão do fenômeno?*
- 4- Como poderíamos investigar as ilhas de calor urbanas e quais dados seriam importantes coletar?*
- 5- Suponha que você fosse convidado a elaborar o plano diretor (instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana) de um município. Quais providências você tomaria, no sentido de amenizar o problema das ilhas de calor urbanas?*

Análise das Respostas

1ª Questão:

Dez por cento dos alunos responderam sim, mas não souberam dar uma justificativa. Vinte por cento responderam não e também não souberam justificar sua resposta. Cinquenta por cento responderam não, justificando que os centros urbanos aquecem mais do que as áreas rurais devido a poluição e ao efeito estufa. Dez por cento responderam não, justificando que as áreas urbanas aquecem mais que as áreas rurais devido a presença de materiais como asfalto e concreto que absorvem mais calor e também devido a presença de poluentes. Dez por cento responderam não, justificando que as áreas urbanas aquecem mais que as áreas rurais devido a falta de vegetação e a presença de poluição no ar.

2ª Questão:

Dez por cento dos alunos não souberam definir o fenômeno ilha de calor. Noventa por cento definiu o fenômeno como sendo uma maior concentração de calor localizado nas áreas urbanas, desse total, dez por cento atribuiu a causa aos prédios, às casas e à falta de vegetação e o restante (80%) atribuiu à poluição e ao efeito estufa.

3ª Questão:

Setenta e três por cento dos alunos não souberam responder. Cinco por cento responderam que são necessários conhecimentos de climatologia. Oito por cento responderam que são necessários conhecimentos de escalas termométricas (Celsius, Kelvin, Fahrenheit). Seis por cento responderam que são necessários conhecimentos de formas de transmissão do calor e oito por cento responderam que são necessários conhecimentos de termodinâmica.

4ª Questão

Dez por cento dos alunos responderam (corretamente) que para investigar as ilhas de calor deveriam ser feitas medidas de temperatura do ar em duas regiões, uma urbana e outra rural e comparar os dados obtidos. Noventa por cento dos alunos não souberam responder a esta questão.

5ª Questão

Oitenta por cento dos alunos não souberam responder a esta pergunta. Vinte por cento respondeu que construiria mais parques e praças com muitas árvores e incentivariam o uso de bicicletas através da construção de ciclovias.

Com base no questionário elaborado e em perguntas informais feitas a vários alunos concluiu-se que grande parte confunde efeito estufa com ilha de calor urbana por citar a poluição como causa do fenômeno.

3.3 Atividade 2

A segunda atividade teve como objetivo investigar, segundo parâmetro adotado por Gómez *et al.* (2001), a intensidade das ilhas de calor através da diferença da temperatura do ar entre o bairro mais quente e o mais frio. De acordo com esse autor, as classes variam entre fraca e moderada, dependendo das diferenças de temperatura do ar entre a localidade mais quente e a mais fria (ver Tabela 3). Valores abaixo de 0°C indicam a não ocorrência de ilhas de calor.

Tabela 3 - Classes de intensidade da ilha de calor urbana de acordo com diferenças de temperatura do ar entre duas localidades.

Classe de intensidade da ilha de calor urbana	Diferença de Temperatura do Ar (°C) entre as duas localidades
Fraca	0 - 2
Moderada	2 - 4
Forte	4 - 6
Muito Forte	>6

Ademais, os índices e as classes do desconforto térmico diário de cada um dos bairros selecionados pode ser calculado pela equação de Thom (1959). denominada de Índice de Desconforto Térmico (IDT).

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 \cdot UR) \cdot (T - 14,5)$$

onde T é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%). Pode ser utilizada também a equação adaptada por Bezerra *et al.* (2013).

$$IDT_X = T_{m\acute{a}x} - (0,55 - 0,0055 \cdot UR_{m\acute{a}x}) \cdot (T_{m\acute{a}x} - 14,5)$$

$$IDT_m = T_{m\acute{i}n} - (0,55 - 0,0055 \cdot UR_{m\acute{a}x}) \cdot (T_{m\acute{i}n} - 14,5)$$

Sendo IDT_x ($^{\circ}\text{C}$) o índice de desconforto térmico para a temperatura máxima, $T_{máx}$ a temperatura máxima do ar em $^{\circ}\text{C}$, $UR_{mín}$ a umidade relativa mínima em percentual, IDT_m ($^{\circ}\text{C}$) o índice de desconforto térmico para a temperatura mínima, $T_{mín}$ a temperatura mínima do ar em $^{\circ}\text{C}$ e $UR_{máx}$ a umidade relativa máxima em percentual. Os autores justificaram a adaptação das fórmulas alegando que a temperatura máxima e a umidade relativa mínima ocorrem em horários próximos, o mesmo ocorrendo com a temperatura mínima e a umidade relativa máxima. Silva *et al.* (2009) propõem uma tabela de classes do desconforto térmico (Ver Tabela 4) em função do índice de desconforto térmico ($IDT^{(*)}$).

Tabela 4 - Classes do Desconforto Térmico em função do índice de desconforto térmico

Nível	Faixa do $IDT(^{\circ}\text{C})$	Classes do desconforto térmico
1	$IDT \leq 14,9$	Desconfortável
2	$15,0 \leq IDT \leq 19,9$	Confortável
3	$20,0 \leq IDT \leq 26,4$	Conforto parcial
4	$IDT \geq 26,5$	Desconfortável

Fonte: Silva *et al.* (2009)

Inicialmente a turma foi dividida em 3 grupos (média de 7 integrantes por grupo) e orientada a pesquisar sítios de instituições oficiais que disponibilizassem dados de temperatura e umidade relativa do ar de alguns bairros da cidade do Rio de Janeiro. O sítio eleito para a coleta de dados foi o do sistema Alerta Rio da prefeitura do Rio de Janeiro, por disponibilizar dados meteorológicos (temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação) em intervalos de 15 minutos nas estações: Alto da Boa Vista,

(*) A sigla IDT significa índice de desconforto térmico, um parâmetro que expressa, aproximadamente, uma condição mental de satisfação ou não com o ambiente térmico circunjacente.

Barra/Riocentro, Guaratiba, Irajá, Jardim Botânico, Santa Cruz e São Cristóvão. O próximo passo foi a escolha dos bairros a serem investigados. Os bairros selecionados para a investigação, nesta atividade, foram Irajá e Alto da Boa Vista (Figura 09) por terem características de urbanização distintas. Irajá é um bairro de porte médio, com quase cem mil habitantes, muita circulação de automóveis, grande concentração de casas e edifícios, pouca vegetação. Alto da Boa Vista é um bairro nobre de classe alta da zona norte da cidade do Rio de Janeiro com cerca de vinte mil habitantes, localizado no topo do maciço da Tijuca, onde se encontra o parque nacional da Tijuca responsável pela 3ª maior floresta urbana do planeta.

(http://portalgeo.rio.rj.gov.br/bairros Cariocas/index_bairro.htm).



Figura 9 - Fotos dos Bairros de: (a) Irajá e (b) Alto da Boa Vista

As informações referentes às duas estações selecionadas para estudo (Figura 10) estão disponíveis no sítio do Alerta Rio (http://alertario.rio.rj.gov.br/?page_id=27).

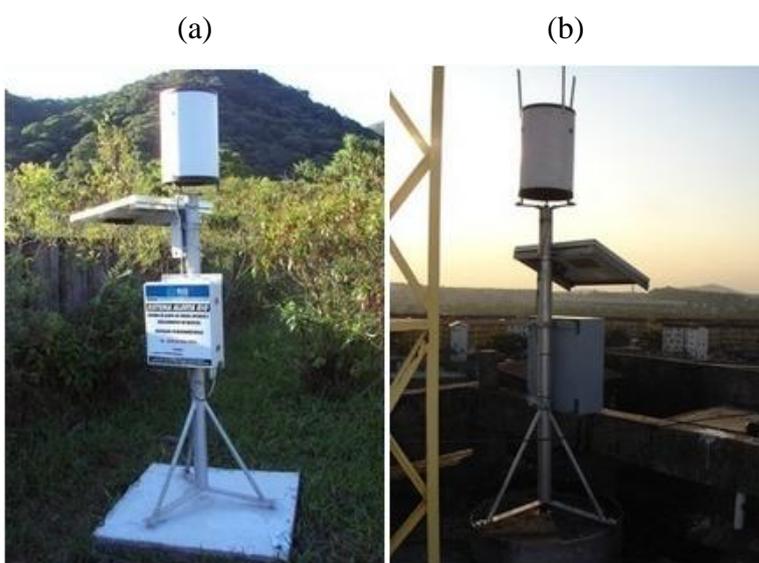


Figura 10 - Fotografias das estações meteorológicas automáticas do alerta Rio, localizadas em Irajá (a) e no alto da Boa Vista (b). Fonte: Alerta Rio

Importante ressaltar que há entre os dois bairros uma considerável diferença de altitude que por si só já acarreta diferenças na temperatura do ar entre os dois bairros, sendo, portanto, aconselhável que o professor analise com seus alunos os diversos fatores que podem alterar a temperatura do ar. Se considerarmos duas localidades distintas no mesmo dia e horário, as variações na temperatura dependem da continentalidade, do relevo (fatores geográficos), da quantidade e tipo das nuvens, ocorrência ou não de precipitação as nuvens (fatores atmosféricos) e as mudanças na paisagem (fatores antrópicos). O terceiro passo foi a escolha do período em que os dados de temperatura e umidade relativa do ar seriam analisados. Escolheu-se o ano de 2015, por ser o mais recente e com a série completa desde 01/01 até 31/12 para as duas estações meteorológicas. Antes do início da atividade o professor coletou as séries de dados de temperatura e umidade relativa do ar das duas estações para o ano de 2015, levando em conta que o sistema Alerta Rio utiliza horário de verão e que considera o Horário Brasileiro de Verão. Além disso, uma verificação rápida dos dados, com objetivo de detectar possíveis dados espúrios, deve ser aplicada. Nesta etapa foram eliminados os dados de temperatura do ar de Irajá no período de 04/04/2015 – 08:15 a 18/04/2015 – 14:30. Os resultados da distribuição da diferença da temperatura do ar entre Irajá e Alto da Boa Vista média ao longo do ano de 2015 (Figura 11) foi apresentada a turma. O professor ressaltou que entre os dois bairros as diferenças médias foram positivas para todos os meses e horários. Além disso, no mês de abril de 2015 a intensidade da ilha de calor urbano foi caracterizada como muito forte, variando entre 7,1 e 9,5°C. Com relação ao ciclo diurno da intensidade da ilha de calor urbano, destacam-se os mínimos no período da manhã, quando a intensidade é fraca (inferior a 2°C), entre 7 e 10 h e os máximos no período da tarde, entre 16 e 19 h.

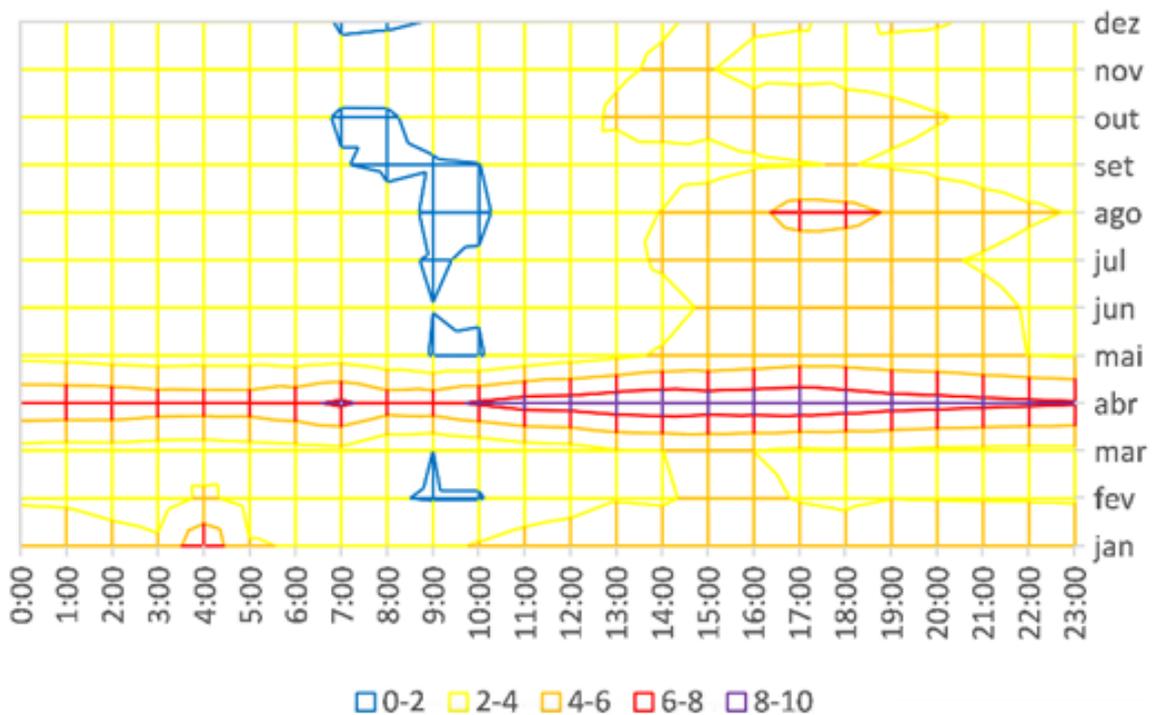


Figura 11 - Ciclo diurno da diferença de temperatura do ar (°C) entre Irajá e Alto da Boa Vista, ao longo dos meses do ano de 2015.

A definição de umidade relativa do ar foi discutida em sala de aula, sendo enfatizado que esta é uma quantidade que depende da temperatura do ar e que revela apenas quanto falta para a saturação, não exprimindo o verdadeiro teor de umidade no ar. A relação entre a umidade relativa do ar e a temperatura do ar, foi também destacada pelo professor a partir dos dados das duas estações durante o mês de julho de 2015 (Figura 12). Nota-se que ao longo do dia, em ambas as estações, à medida que a temperatura do ar aumenta, a umidade relativa decai e vice-versa.

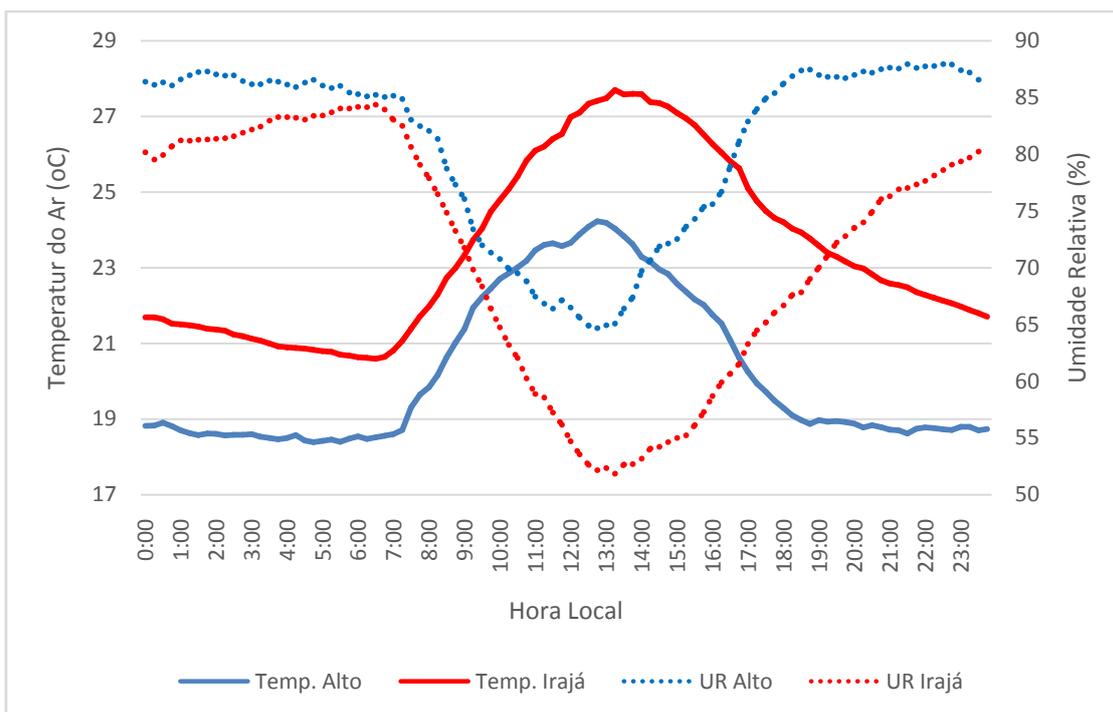


Figura 12 - Ciclos diurnos da temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) para o mês de julho de 2015 nas estações do Alto da Boa Vista e Irajá.

A seguir, cada grupo ficou responsável por trabalhar com dados referentes a um único mês. Os grupos tiveram liberdade para escolher o mês de sua preferência, sendo selecionados os meses de fevereiro, julho e setembro. Para a determinação dos índices e classes do desconforto térmico os alunos foram orientados a discriminar, através da elaboração de tabelas, valores de temperatura e umidade relativa do ar (máximas e mínimas diárias) de cada bairro. Após essa etapa deu-se início à construção dos respectivos gráficos. Para a determinação das intensidades de ilhas de calor urbanas foi feita a diferença das temperaturas do ar entre os dois bairros no mesmo instante, em três horários também selecionados pelos alunos: 15:00, 18:30 e 23:45 h local.

Construídas as tabelas e os gráficos dá-se início às análises, identificando o índice e a classe do desconforto térmico diário e a atuação ou não de ilhas de calor e sua intensidade para os três horários de cada dia do mês investigado. É importante que, no final da atividade, cada grupo entregue um relatório ao professor e apresente um resumo da sua conclusão para toda a turma, destacando os pontos mais relevantes de sua investigação.

Os resultados obtidos nesta atividade encontram-se a seguir na forma de tabelas e gráficos.

3.31 Coleta e Análise de Dados

Tabela 5 - Dados de temperatura (máxima e mínima) e de umidade relativa do ar (máxima e mínima) dos Bairros Alto da Boa Vista e Irajá em Setembro de 2015.

Dia	Tmax (°C)		Tmin (°C)		URmax (%)		URmin (%)	
	Alto da Boa Vista	Irajá						
01/09/15	33,2	36,4	18,3	18,3	100	91	30	20
02/09/15	19,3	22,5	15,9	18,3	99	88	75	61
03/09/15	24,0	27,1	16,4	19,3	98	74	63	48
04/09/15	23,7	27,4	17,1	19,3	100	92	67	52
05/09/15	17,9	21,3	15,9	17,6	100	96	85	61
06/09/15	20,8	23,5	15,9	18,1	99	91	90	66
07/09/15	26,7	26,2	18,1	19,8	99	95	55	57
08/09/15	25,4	27,1	19,1	20,8	97	94	66	61
09/09/15	24,2	25,7	18,6	21,0	98	98	74	64
10/09/15	24,7	27,4	17,6	21,0	94	90	66	59
11/09/15	27,9	27,9	17,4	18,8	100	97	51	60
12/09/15	17,9	21,5	16,2	17,9	100	98	97	81
13/09/15	16,4	18,6	15,2	17,4	100	99	96	86
14/09/15	19,3	21,0	15,4	17,4	100	97	79	80
15/09/15	25,7	30,1	17,1	19,1	100	94	71	57
16/09/15	32,3	38,1	21,3	21,8	93	96	45	33
17/09/15	35,0	37,6	23,2	24,9	83	74	29	25
18/09/15	35,4	40,6	20,8	24,2	75	87	32	21
19/09/15	32,0	35,9	20,5	23,5	87	84	50	33
20/09/15	25,9	30,8	19,3	22,0	100	92	74	53
21/09/15	28,6	32,0	19,1	22,7	97	87	65	47
22/09/15	27,1	32,3	17,4	21,5	100	100	81	49
23/09/15	30,1	34,2	18,1	21,5	100	91	63	41
24/09/15	35,7	40,8	22,0	23,5	93	88	33	21
25/09/15	38,1	39,3	21,3	23,5	95	78	22	21
26/09/15	27,6	30,8	20,3	24,3	99	79	65	48
27/09/15	31,3	32,5	19,8	23,5	100	96	33	38
28/09/15	28,8	27,9	20,1	23,2	100	95	53	68
29/09/15	25,7	28,6	20,1	23,5	99	88	75	59
30/09/15	27,6	30,3	20,8	23,4	100	92	76	56

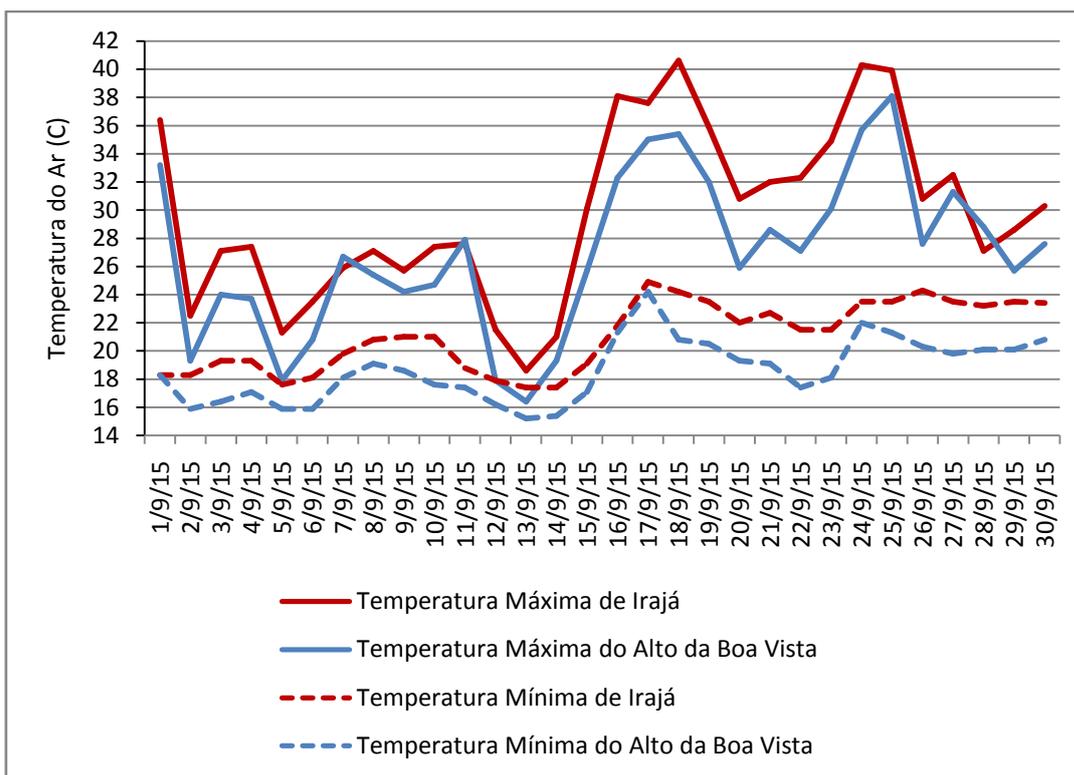


Figura 13 - Comparação entre as temperaturas máximas e mínimas do ar de Irajá e Alto da Boa Vista no mês de Setembro de 2015

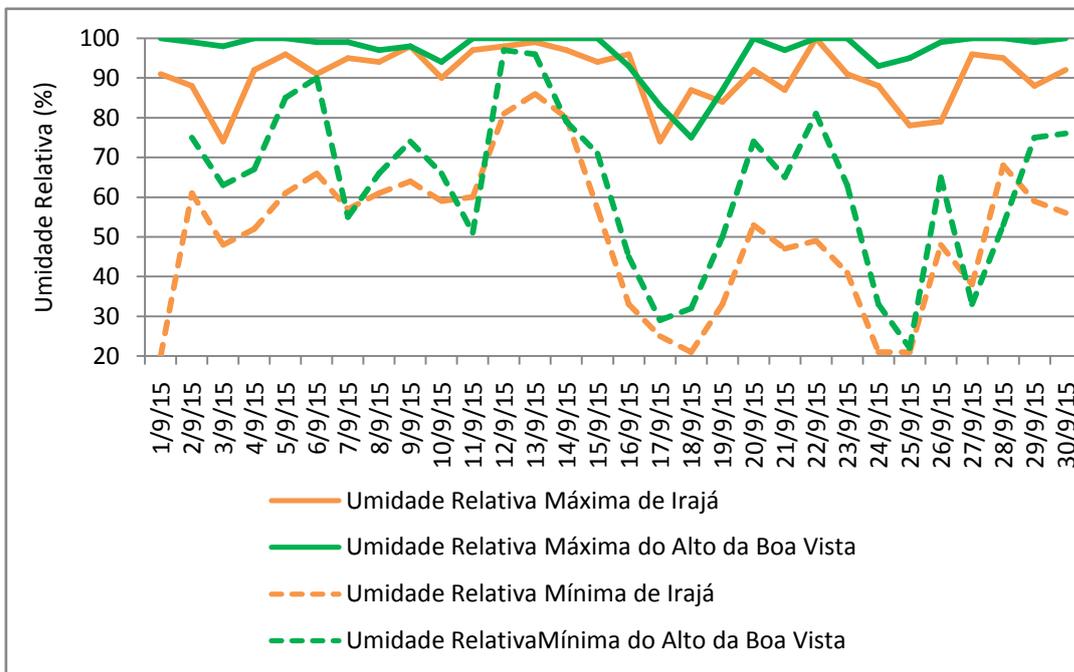


Figura 14 - comparação entre as umidades relativas máximas e mínimas do ar de Irajá e Alto da Boa Vista no mês de Setembro de 2015

Tabela 6 - Índices e classes do Desconforto Térmico (máximos e mínimos) nos Bairros do Alto da Boa Vista e Irajá em Setembro de 2015.

Dia	IDT Mín		IDT Máx		Classes do Desconforto Térmico – IDT Mín		Classes do Desconforto Térmico – IDT Máx	
	Alto da Boa Vista	Irajá	Alto da Boa Vista	Irajá	Alto da Boa Vista	Irajá	Alto da Boa Vista	Irajá
01/09/15	16,23	16,36	22,94	24,37	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial
02/09/15	15,13	16,22	16,67	22,72	Conf.	Conf.	Conf.	Conf. Parcial
03/09/15	15,36	16,67	18,80	20,20	Conf.	Conf.	Conf.	Conf. Parcial
04/09/15	15,68	16,68	18,67	20,34	Conf.	Conf.	Conf.	Conf. Parcial
05/09/15	15,13	15,91	16,04	17,58	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.
06/09/15	15,13	16,13	17,36	18,58	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.
07/09/15	16,13	16,91	20,02	19,66	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf.
08/09/15	16,59	17,36	19,44	20,21	Conf.	Conf.	Conf.	Conf. Parcial
09/09/15	16,36	17,46	18,90	19,57	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.
10/09/15	15,91	17,45	17,48	20,34	Conf.	Conf.	Conf.	Conf. Parcial
11/09/15	15,82	16,45	20,56	20,43	Conf.	Conf.	Conf.	Conf. Parcial
12/09/15	15,27	16,04	16,04	17,68	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.
13/09/15	14,81	15,82	15,36	16,14	Desconf..	Conf.	Conf.	Conf.
14/09/15	14,90	15,82	16,68	17,45	Desconf.	Conf.	Conf.	Conf.
15/09/15	15,68	16,59	19,58	21,56	Conf.	Conf.	Conf.	Conf. Parcial
16/09/15	17,59	17,82	22,55	25,16	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial
17/09/15	18,90	19,22	23,75	24,92	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial
18/09/15	17,36	18,91	23,94	26,27	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial
19/09/15	17,22	18,59	22,42	24,16	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial
20/09/15	16,68	17,91	19,67	21,88	Conf.	Conf.	Conf.	Conf. Parcial
21/09/15	16,59	18,22	20,89	22,24	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial
22/09/15	15,82	17,68	19,13	22,55	Conf.	Conf.	Conf.	Conf. Parcial
23/09/15	16,13	17,68	21,57	23,72	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial
24/09/15	17,91	18,59	24,07	25,91	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial
25/09/15	17,59	18,58	25,14	25,95	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial
26/09/15	17,40	18,95	20,44	21,87	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial
27/09/15	16,91	18,59	22,09	22,63	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial
28/09/15	17,05	18,59	21,01	20,21	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial
29/09/15	17,05	18,59	19,58	20,89	Conf.	Conf.	Conf.	Conf. Parcial
30/09/15	17,36	18,55	20,44	21,65	Conf.	Conf.	Conf. Parcial	Conf. Parcial

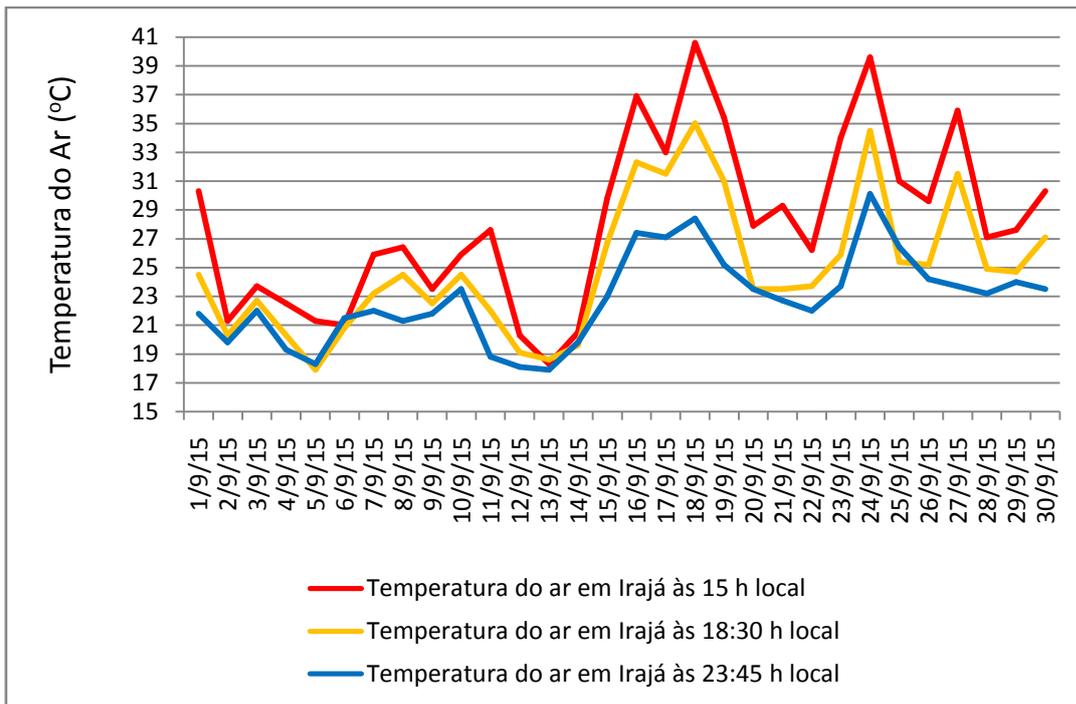


Figura 15 - Temperaturas do ar de Irajá em três instantes distintos.

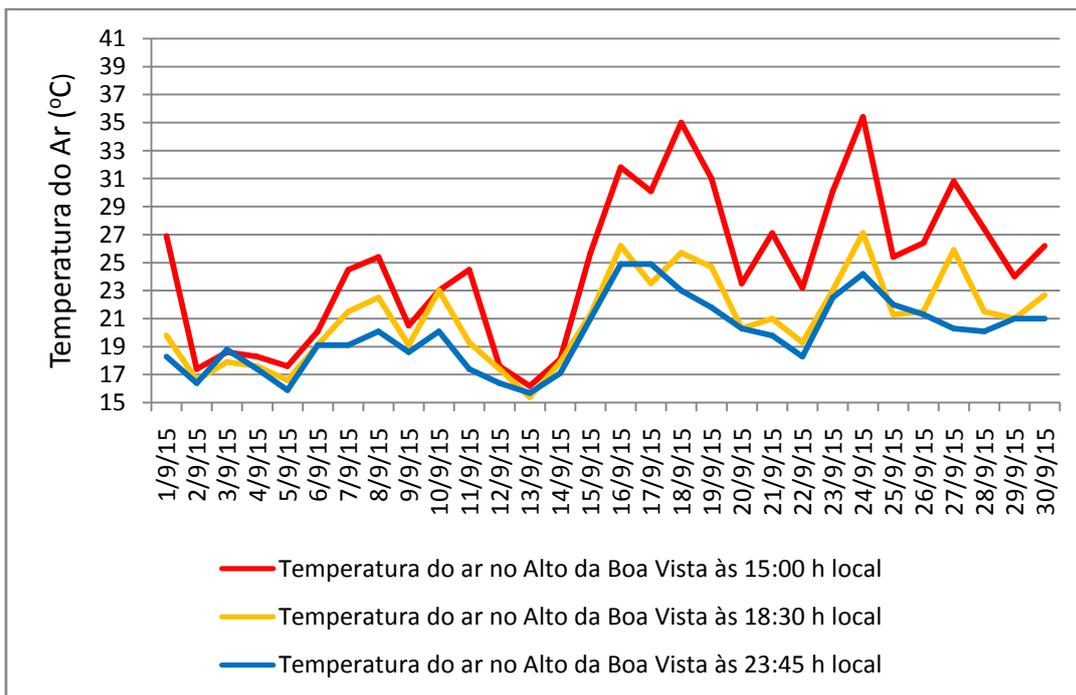


Figura 16 - Temperaturas do ar de Alto da Boa Vista em três instantes distintos.

Tabela 7 - Intensidade de ilhas de calor no bairro de Irajá, com base na diferença das temperaturas do ar às 15:00:00, entre os bairros de Irajá e Alto da Boa Vista

Dia	Diferença Entre as Temperaturas do Ar (°C)	Intensidade da Ilha de Calor Urbana
01/09/2015	3,4	Moderada
02/09/2015	3,9	Moderada
03/09/2015	5,1	Forte
04/09/2015	4,2	Forte
05/09/2015	3,7	Moderada
06/09/2015	0,9	Fraca
07/09/2015	1,4	Fraca
08/09/2015	1,0	Fraca
09/09/2015	3,0	Moderada
10/09/2015	2,9	Moderada
11/09/2015	3,1	Moderada
12/09/2015	2,7	Moderada
13/09/2015	2,1	Moderada
14/09/2015	2,4	Moderada
15/09/2015	4,1	Forte
16/09/2015	5,1	Forte
17/09/2015	2,9	Moderada
18/09/2015	5,6	Forte
19/09/2015	4,4	Forte
20/09/2015	4,4	Forte
21/09/2015	2,2	Moderada
22/09/2015	3,0	Moderada
23/09/2015	3,9	Moderada
24/09/2015	4,2	Forte
25/09/2015	5,6	Forte
26/09/2015	3,2	Moderada
27/09/2015	5,1	Forte
28/09/2015	-0,3	Inexistente
29/09/2015	3,6	Moderada
30/09/2015	4,1	Forte

Tabela 8 - Intensidade de ilhas de calor no bairro de Irajá, com base na diferença das temperaturas do ar às 18:30:00, entre os bairros de Irajá e Alto da Boa Vista.

Dia	Diferença Entre as Temperaturas do Ar (°C)	Intensidade da Ilha de Calor Urbana
01/09/2015	4,7	Forte
02/09/2015	3,7	Moderada
03/09/2015	4,8	Forte
04/09/2015	2,7	Moderada
05/09/2015	1,3	Fraca
06/09/2015	1,7	Fraca
07/09/2015	1,7	Fraca
08/09/2015	2,0	Fraca
09/09/2015	3,4	Moderada
10/09/2015	1,5	Fraca
11/09/2015	2,7	Moderada
12/09/2015	1,7	Fraca
13/09/2015	3,2	Moderada
14/09/2015	1,7	Fraca
15/09/2015	5,4	Forte
16/09/2015	6,1	Muito Forte
17/09/2015	8,0	Muito Forte
18/09/2015	9,3	Muito Forte
19/09/2015	6,3	Muito Forte
20/09/2015	3,2	Moderada
21/09/2015	2,5	Moderada
22/09/2015	4,4	Forte
23/09/2015	2,9	Moderada
24/09/2015	7,4	Muito Forte
25/09/2015	4,1	Forte
26/09/2015	3,7	Moderada
27/09/2015	5,6	Forte
28/09/2015	3,4	Moderada
29/09/2015	3,7	Moderada
30/09/2015	4,4	Forte

Tabela 9 - Intensidade de ilhas de calor no bairro de Irajá, com base na diferença das temperaturas do ar às 23:45:00, entre os bairros de Irajá e Alto da Boa Vista.

Dia	Diferença Entre as Temperaturas do Ar ($^{\circ}\text{C}$)	Intensidade da Ilha de Calor Urbana
01/09/2015	3,5	Moderada
02/09/2015	3,4	Moderada
03/09/2015	3,2	Moderada
04/09/2015	1,9	Fraca
05/09/2015	2,4	Moderada
06/09/2015	2,4	Moderada
07/09/2015	2,9	Moderada
08/09/2015	1,2	Fraca
09/09/2015	3,2	Moderada
10/09/2015	3,4	Moderada
11/09/2015	1,4	Fraca
12/09/2015	1,7	Fraca
13/09/2015	2,2	Moderada
14/09/2015	2,7	Moderada
15/09/2015	2,0	Fraca
16/09/2015	2,5	Moderada
17/09/2015	2,2	Moderada
18/09/2015	5,4	Forte
19/09/2015	3,4	Moderada
20/09/2015	3,2	Moderada
21/09/2015	2,9	Moderada
22/09/2015	3,7	Moderada
23/09/2015	1,2	Fraca
24/09/2015	5,9	Forte
25/09/2015	4,4	Forte
26/09/2015	2,9	Moderada
27/09/2015	3,4	Moderada
28/09/2015	3,1	Moderada
29/09/2015	3,0	Moderada
30/09/2015	2,5	Moderada

Os alunos concluíram, desta atividade, que a umidade relativa do ar tem tanta influência quanto a temperatura do ar na determinação do índice de desconforto térmico de uma determinada região e que a sensação de desconforto térmico pode ocorrer, relativamente, tanto em regiões com temperaturas mais elevadas quanto em regiões com temperaturas mais amenas. Os alunos constataram a atuação de ilhas de calor urbana no bairro de Irajá em aproximadamente 98,8% dos dias investigados e chegaram à conclusão de que é muito importante a implantação de medidas para amenizar o fenômeno, dentre elas a construção de jardins suspensos em edifícios comerciais e residenciais, ciclovias para reduzir o fluxo de automóveis e conseqüentemente a poluição, pintar áreas urbanas com cores claras, principalmente o branco, e construção de parques com lagos e áreas verdes.

Uma conclusão interessante obtida foi que ao anoitecer as ilhas de calor podem tornar-se mais intensas do que durante o dia. Por exemplo, no dia 18/09/2015 (Figura 13) às 15:00 h local a diferença de temperatura entre Irajá e Alto da Boa Vista foi de 5,6⁰C originando uma ilha de calor de intensidade forte em Irajá. Nesse mesmo dia, às 18:30 a diferença de temperatura entre os dois bairros passou a ser de 9,3⁰C o que caracterizou uma ilha de calor de intensidade muito forte no bairro de Irajá. Verificou-se que a intensificação da ilha de calor ocorreu, não porque houve aumento da temperatura em Irajá, mas porque houve uma redução maior de temperatura no alto da Boa Vista em relação a Irajá para um mesmo intervalo de tempo. Nesse caso em 3 horas e meia houve uma redução de temperatura de 9,3⁰C no Alto da Boa Vista e 5,6⁰C em Irajá. Esse fato está relacionado às propriedades térmicas dos materiais de construção das grandes cidades que, devido a absorção da radiação de onda curta durante o dia e emissão da radiação de onda longa durante a noite, tendem a manter a temperatura do ar constante por um período maior nas áreas urbanas. Vale lembrar que todos os resultados tiveram influência da altitude, logo, este fato deve ser muito bem explicado aos estudantes.

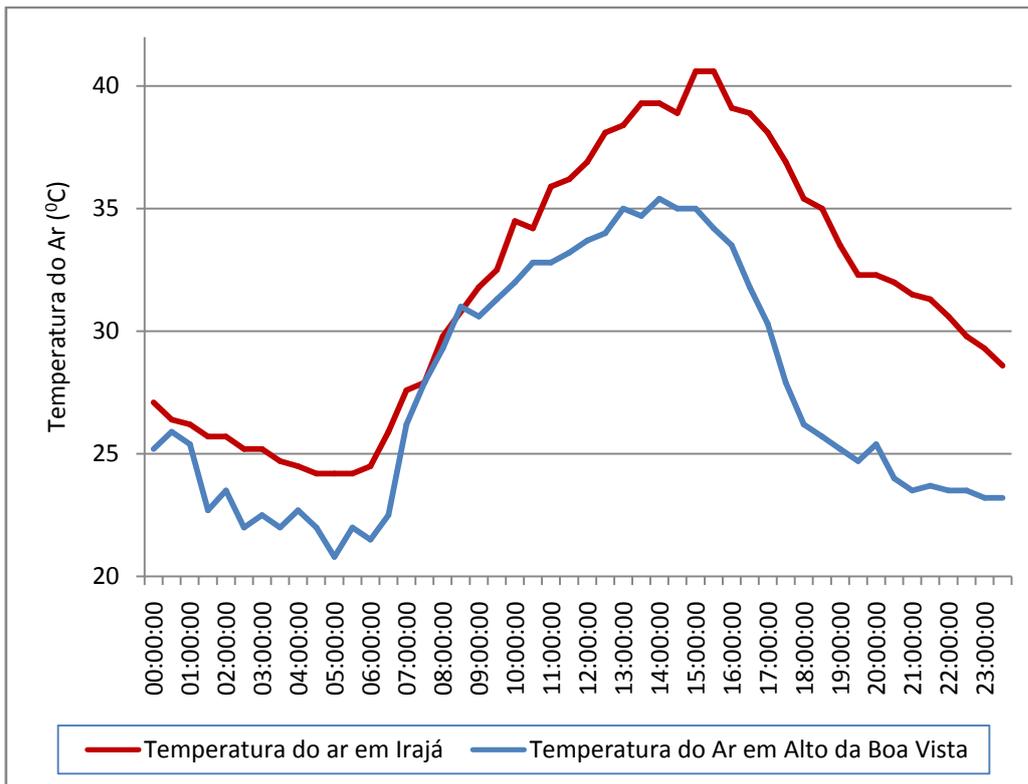


Figura 17 – Temperaturas do ar (°C) em Irajá e Alto da Boa Vista no dia 18 de Setembro de 2015.

3.4 Atividade 3

A terceira proposta de atividade é baseada na utilização de um componente eletrônico, a placa Arduino (Figura 18). Segundo Mc Roberts (2011) um Arduino é um pequeno computador que pode ser programado para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele.



Figura 18 - Algumas Versões da Placa Arduino.

O Arduino pode ser conectado a Leds, Displays, botões, interruptores, motores, sensores de temperatura, sensores de pressão, sensores de umidade, sensores de distância, receptores GPS, módulos Ethernet e qualquer outro dispositivo que emita dados ou possa ser controlado. Para aumentar as funções que um Arduino pode desempenhar, freqüentemente são usados dispositivos conhecidos como Shields (escudos em português) que são placas de hardware (Figura 19) que podem ser plugadas no Arduino, contendo circuitos eletrônicos que permitem desempenhar funções do tipo: controlar motores de passo ou servomotores, conectar o Arduino a uma rede local ou à Internet, permitir a comunicação via rede wireless com o Arduino e muitas outras, dependendo da placa.

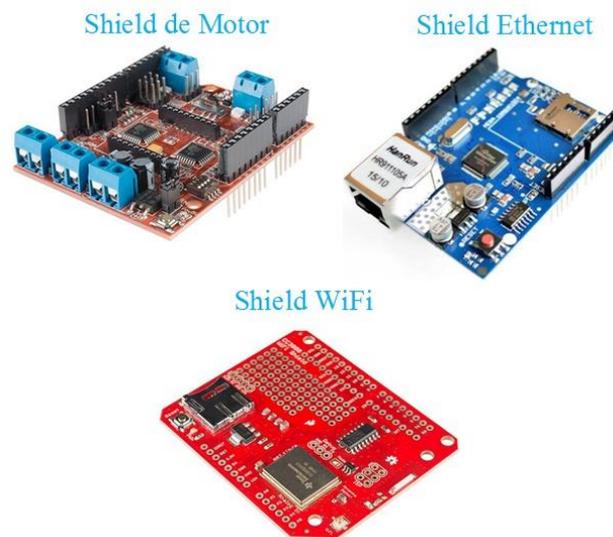


Figura 19 - Exemplos de Shields para Arduino

Neste projeto utiliza-se o DHT 11 (Figura 20), um sensor que permite fazer leituras de temperaturas entre 0 a 50 graus Celsius e umidade entre 20 a 90%, muito usado para projetos com Arduino. Sua precisão para a medida de temperatura é de ± 2.0 °C já para a medida de umidade é de $\pm 5.0\%$, com um tempo de resposta $< 5s$. O DHT 11 tem uma calibragem extremamente precisa, com uma tecnologia que garante alta confiabilidade e excelente estabilidade ao longo do tempo, tem resposta rápida e resiste a interferências. Seu tamanho pequeno e o baixo consumo o tornam apto para uma grande quantidade de aplicações. A conexão do sensor com os outros componentes eletrônicos é feita através de cabos de quatro vias com 20 cm de comprimento e terminais tipo Grove, como apresentado na Figura 20.

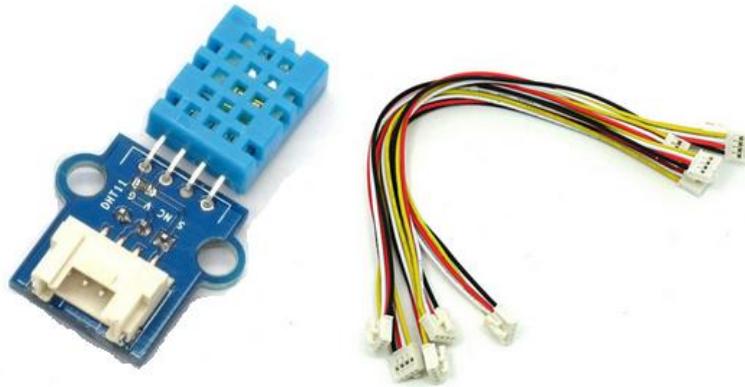


Figura 20 - Sensor DHT11 e cabos universais de 20 cm com 4 pinos.

Para armazenar os dados fornecidos pelo DHT11 utiliza-se um sd card shield (Figura 21) que permite equipar o Arduino com a capacidade de armazenar dados em cartões SD (função datalogger).



Figura 21 - Sd card shield versão 4.0

O Arduino pode ser energizado (alimentado) adequadamente por uma fonte externa (bateria ou transformador) ou diretamente através de seus pinos correspondentes. A máxima tensão que ele pode suportar são 5V, tensões acima desse valor o danificam e tensões abaixo, trazem resultados inesperados. Para se conseguir utilizar tensões de entrada acima de 5V, um circuito integrado à própria placa reduz a tensão para os 5V necessários ao Arduino. Esse componente, chamado de regulador de tensão (Figura 22), possui proteções contra curto-circuito e excesso de temperatura e sua saída será sempre 5V, independente se houver flutuação na entrada.



Figura 22 - Regulador de voltagem ao lado do Jack de entrada para fontes externas

A tensão de alimentação segura varia na faixa de 7V a 12V. Geralmente recomenda-se o uso de fontes externas com 9V ou 12V pela facilidade de se encontrar no mercado especializado esses dois valores de tensão e além disso com essas tensões o regulador não irá se aquecer ou pelo menos irá aquecer pouco, pois a diferença da tensão de entrada e de saída será dissipada por esse componente na forma de calor. Neste projeto será usada a versão Uno do Arduino e para alimentá-lo utiliza-se uma bateria selada (Figura 23) conectada ao Jack de entrada.



Figura 23 - Bateria selada e cabo de alimentação utilizados no projeto.

Os aparatos experimentais propostos nesta atividade tratam-se de duas miniestações meteorológicas, cujos miniabrigos (Figura 24) são construídos com policloreto de vinila (PVC). Castelhana e Roseghini (2011) realizaram uma série de testes, cujos resultados mostraram-se favoráveis à aplicação do PVC para a confecção de miniabrigos e uso em pesquisa de campo, evidenciando uma grande similaridade com os dados oficiais registrados pela estação automática do INMET localizada no Centro Politécnico da UFPR em Curitiba, referendando assim a confiabilidade dos

mesmos. A vantagem do PVC está em ser um material de baixo custo, durável, leve, tem alta resistência à umidade e que oferece boa proteção contra a radiação de onda curta e contra a precipitação aos dispositivos eletrônicos localizados em seu interior.



Figura 24 - Fotografia dos dois mini abrigos meteorológicos.

As miniestações coletam, ao mesmo tempo, através do sensor DHT11 conectado ao Arduino, dados de temperatura e umidade relativa do ar com intervalos de 20 segundos, tais dados ficam registrados em cartões de memória inseridos nos sd card shields. Com os registros desses dados os estudantes podem construir tabelas e gráficos, analisá-los e chegar às suas próprias conclusões. Os parâmetros adotados para análise dos dados, nesta terceira atividade, assim como os objetivos são os mesmos da atividade 2.

Os detalhes da construção da unidade eletrônica de medida e armazenamento da miniestação meteorológica encontram-se no Anexo A, já os detalhes de construção da miniestação meteorológica encontram-se no anexo B dessa dissertação.

3.41 Primeira Coleta e Análise de Dados

A primeira coleta de dados foi realizada no dia 11/12/15 das 16:10:00 às 17:15:20 h local (desconsiderando o Horário Brasileiro de Verão) no bairro de Campo Grande (Rio de Janeiro). As miniestações meteorológicas automáticas registraram dados de temperatura e umidade relativa do ar ao mesmo tempo em duas áreas do bairro, Rio da Prata com grande presença de vegetação e solo descoberto e Arnaldo Eugênio uma área urbana com pouca vegetação, solo coberto por asfalto e com razoável

movimentação de automóveis (ver Figuras 25 e 26). A distância entre os pontos de coleta de dados foi de aproximadamente 5 quilômetros. No dia da coleta o céu estava parcialmente nublado e sem vento.



Figura 25 - Fotografia aérea da área investigada em Campo Grande onde foram feitas as medições, com a localização de Arnaldo Eugênio e Rio da Prata. Fonte: Google Maps

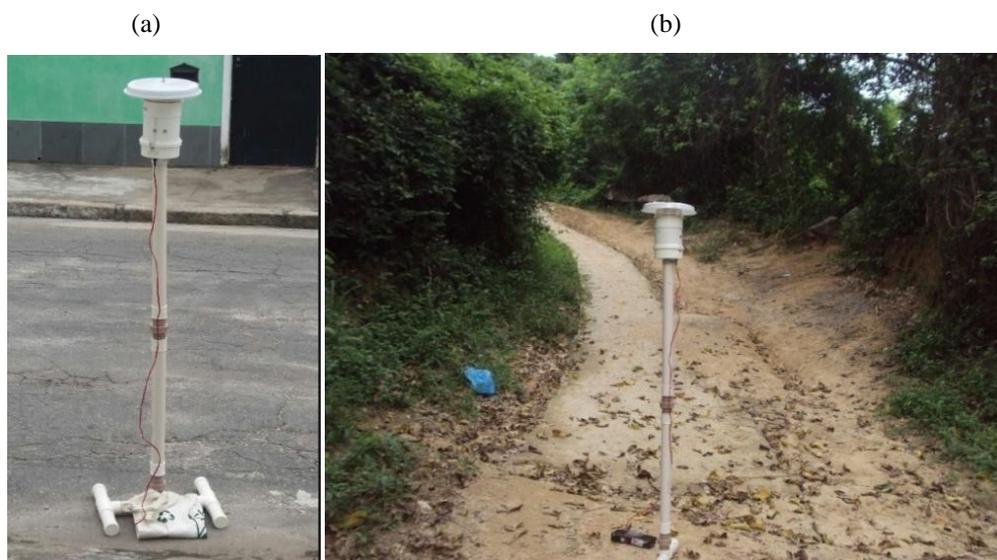


Figura 26 - Fotografias das estações meteorológicas automáticas nas áreas investigadas durante a primeira coleta de dados deste trabalho. (a) Arnaldo Eugênio e (b) Rio da Prata.

Deve-se levar em conta que as superfícies onde os aparatos foram postos eram diferentes, fato que já influencia na temperatura registrada pelos aparatos. É indicado, portanto, que os aparatos estejam em um mesmo tipo de superfície. Os resultados obtidos nesta atividade encontram-se a seguir.

Os resultados obtidos nesta atividade encontram-se a seguir na forma de tabelas e gráficos.

Tabela 10 - Temperaturas do ar em Rio da Prata e Arnaldo Eugênio no dia 11/12/2015.

Hora local	Temperatura do Ar (°C)	
	Rio da Prata	Arnaldo Eugênio
16:10:00 às 16:16:00	35	36
16:16:00 às 16:17:00	34	36
16:17:00 às 16:28:00	34	35
16:28:00 às 16:28:20	33	35
16:28:20 às 16:29:20	34	35
16:29:20 às 16:50:40	33	35
16:50:40 às 16:04:20	32	35
17:04:20 às 17:14:20	31	35
17:14:20 às 17:15:20	30	35

Tabela 11 - Umidades relativas do ar em Rio da Prata e Arnaldo Eugênio no dia 11/12/2015.

Horário	Umidade relativa do ar (%)	
	Rio da Prata	Arnaldo Eugênio
16: 10: 00 às 16:13:40	33	31
16: 13: 40 às 16:16:20	34	32
16: 16:20 às 16:18:20	35	32
16:18 :20 às 16:26:20	36	32
16:26:20 às 16:29:20	37	32
16:29:20 às 16:30:00	38	32
16:30:00 às 16:38:40	37	32
16:38:40 às 16:41:40	38	32
16:41:40 às 16:42:20	39	32
16:42:20 às 16:43:20	38	32
16:43:20 às 16:48:20	39	32
16:48:20 às 16:50:00	40	32
16:50:00 às 16:51:20	41	32
16:51:20 às 16:55:20	42	32
16:55:20 às 16:56:20	43	32
16:56:20 às 16:57:00	42	32
16:57:00 às 16:59:00	43	32
16:59:00 às 17:05:00	42	32
17:05:00 às 17:12:40	43	32
17:12:40 às 17:13:00	44	32
17:13:00 às 17:14:20	43	32
17:14:20 às 17:15:20	44	32

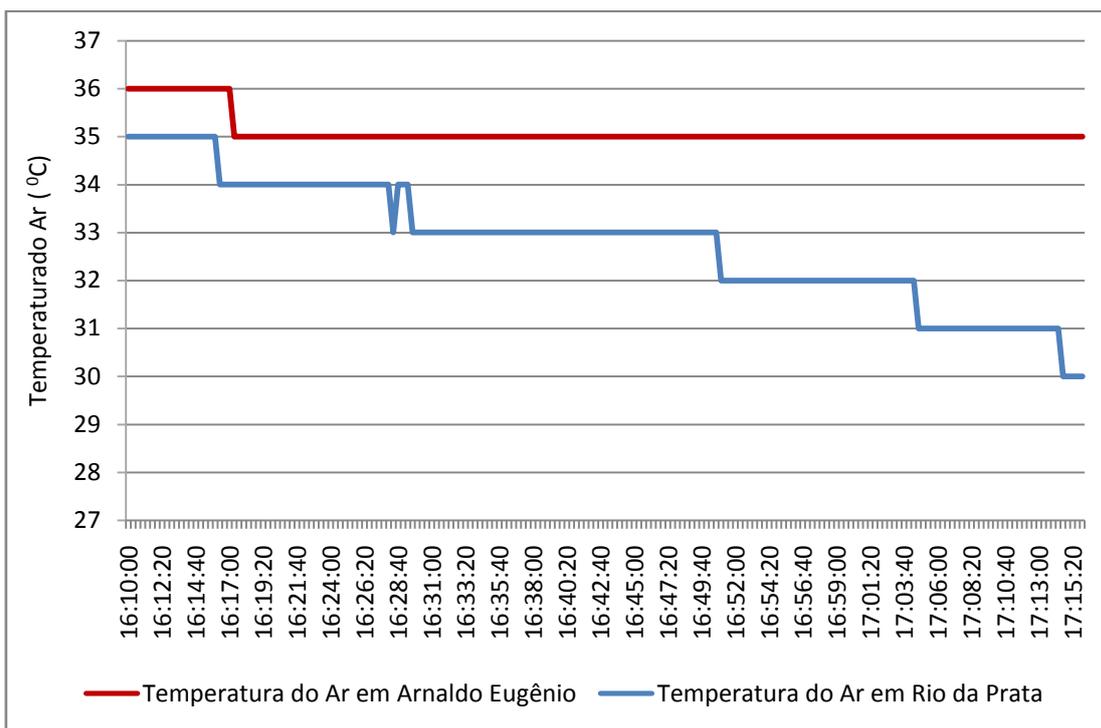


Figura 27 - Comparação entre as temperaturas do ar do Rio da Prata e Arnaldo Eugênio das 16 horas e 10 minutos às 17 horas 15 minutos e 20 segundos em 11/12/15

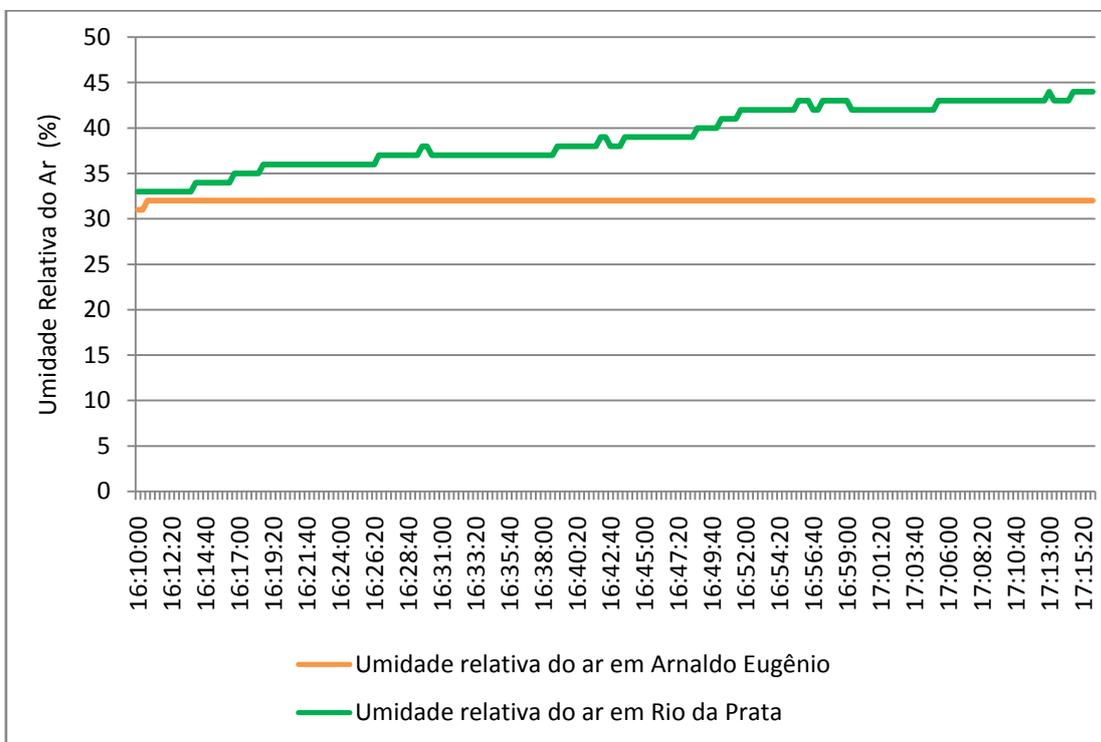


Figura 28 - comparação entre as umidades relativas do ar do Rio da Prata e Arnaldo Eugênio das 16 horas e 10 minutos às 17 horas 15 minutos e 20 segundos em 11/12/15.

Tabela 12 - Valores de temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), umidade relativa do ar máxima (%), umidade relativa do ar mínima (%), Índices (°C) e classes do desconforto térmico em Rio da Prata e Arnaldo Eugênio para o período de 16:10:00 a 17:15:20 h local do dia 11/12/2015.

	Rio da Prata	Arnaldo Eugênio
Temperatura Máxima do Ar (°C)	35	36
Temperatura Mínima do Ar (°C)	30	35
Umidade Relativa Mínima do Ar (%)	33	31
Umidade Relativa Máxima do Ar (%)	44	32
Índice do Desconforto Térmico Para a Temperatura Máxima e Umidade Relativa Mínima (°C)	23,76	24,21
Índice do Desconforto Térmico Para a Temperatura Mínima e Umidade Relativa Máxima (°C)	21,51	23,76
Classe do Desconforto Térmico Para a Temperatura Máxima e Umidade Relativa Mínima	Conforto Parcial	Conforto Parcial
Classe do Desconforto Térmico Para a Temperatura Mínima e Umidade Relativa Máxima	Conforto Parcial	Conforto Parcial

Tabela 13 - Diferenças de temperatura e Intensidade da ilha de calor urbana em Arnaldo Eugênio durante a investigação

Horário	Diferença de temperatura do Ar entre Arnaldo Eugênio e Rio da Prata (°C)	Intensidade da Ilha de calor urbana em Arnaldo Eugênio
16:10:00 às 16:16:00	1	Fraca
16:16:00 às 16:17:00	2	Fraca
16:17:00 às 16:28:00	1	Fraca
16:28:00 às 16:28:20	2	Fraca
16:28:20 às 16:29:20	1	Fraca
16:29:20 às 16:50:40	2	Fraca
16:50:40 às 17:04:20	3	Moderada
17:04:20 às 17:14:20	4	Moderada
17:14:20 às 17:15:20	5	Forte

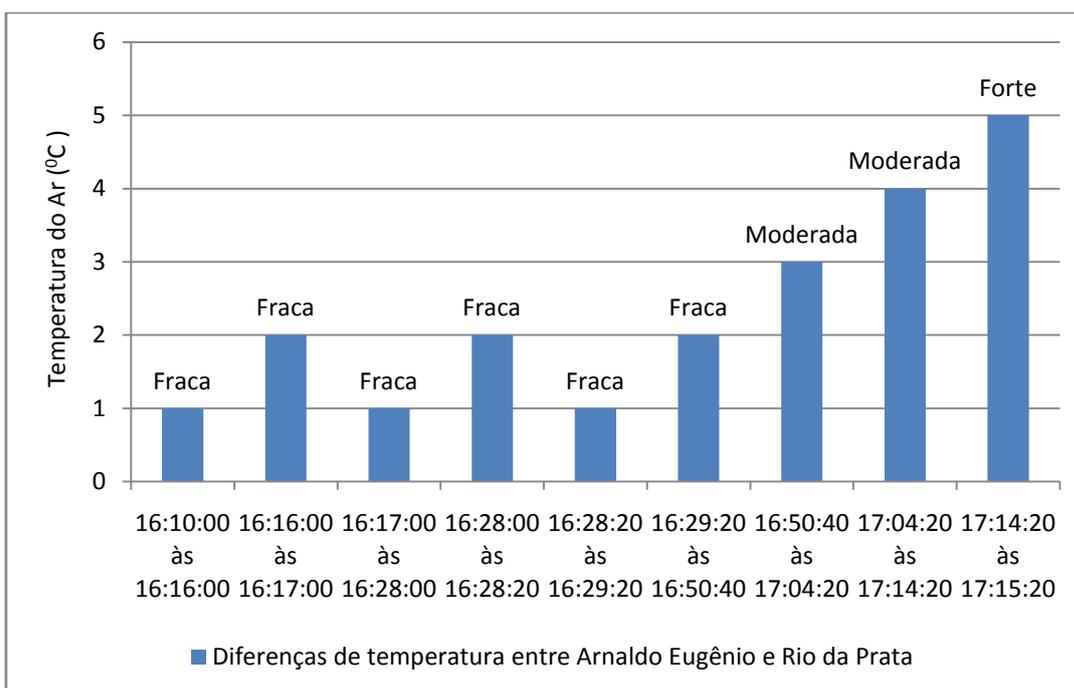


Figura 29 - Intensidades de ilha de calor urbana em Arnaldo Eugênio das 16 horas e 10 minutos às 17 horas 15 minutos e 20 segundos, com base nas diferenças de temperatura entre Arnaldo Eugênio e Rio da Prata em 11/12/15.

3.42 Segunda Coleta e Análise de Dados

A segunda coleta de dados foi realizada no dia 12/12/15 das 09:26:00 às 10:09:20 h local (desconsiderando o Horário Brasileiro de Verão) local no bairro de Santa Cruz Rio de Janeiro. As miniestações meteorológicas automáticas foram utilizadas ao mesmo tempo em duas regiões do bairro, no pátio da Escola Técnica Estadual Santa Cruz (FAETEC) onde há presença moderada de vegetação e no centro urbano de Santa Cruz com pouquíssima presença de vegetação, solo coberto por asfalto e concreto e um intenso fluxo de automóveis (ver Figuras 30 e 31). A distância entre os pontos de coleta foi de 1,9 km, aproximadamente, em locais de mesma altitude. O céu estava parcialmente nublado, com pouco vento.



Figura 30 - Fotografia aérea da área investigada em Santa Cruz onde foram feitas as medições, com a localização do Pátio da FAETEC e o Centro de Santa Cruz. Fonte: Google Maps.

(a)



(b)



Figura 31 - Fotografias das estações meteorológicas automáticas durante a segunda coleta de dados deste trabalho. (a) Centro urbano de Santa Cruz e (b) pátio da FAETEC.

Os resultados obtidos nesta atividade encontram-se a seguir em forma de tabelas e gráficos.

Tabela 14 - Temperaturas do ar no centro de Santa Cruz e no pátio da FAETEC de Santa Cruz em 12/12/2015.

Hora local	Temperatura do Ar ($^{\circ}$ C)	
	Centro de Santa Cruz	Pátio da FAETEC de Santa Cruz
09:26:00 às 09:33:00	35	33
09:33:00 às 09:46:40	35	32
09:46:40 às 09:55:20	34	31
09:55:20 às 09:58:00	34	31
09:58:00 às 09:59:40	35	31
09:59:40 às 10:08:20	34	32
10:08:20 às 10:09:20	33	32

Tabela 15 - Umidades relativas do ar no centro de Santa Cruz e no pátio da FAETEC de Santa Cruz em 12/12/2015.

Hora local	Umidade Relativa do Ar (%)	
	Centro de Santa Cruz	Pátio da FAETEC de Santa Cruz
09:26:00 às 09:26:20	38	37
09:26:20 às 09:26:40	37	38
09:26:40 às 09:33:40	38	38
09:33:40 às 09:43:00	38	39
09:43:00 às 09:43:40	37	39
09:43:40 às 09:44:00	38	39
09:44:00 às 09:44:20	37	39
09:44:20 às 09:44:40	38	39
09:44:40 às 09:47:00	37	39
09:47:00 às 09:47:20	39	39
09:47:20 às 09:48:00	39	40
09:48:00 às 09:49:00	39	39
09:49:00 às 09:49:40	39	40
09:49:40 às 09:52:20	39	39
09:52:20 às 09:52:40	39	40
09:52:40 às 09:58:20	39	39
09:58:20 às 10:00:00	38	39
10:00:00 às 10:00:20	39	39
10:00:20 às 10:02:40	39	40
10:02:40 às 10:03:40	39	39
10:03:40 às 10:05:20	39	40
10:05:20 às 10:06:40	39	39
10:06:40 às 10:07:00	39	40
10:07:00 às 10:09:20	39	39

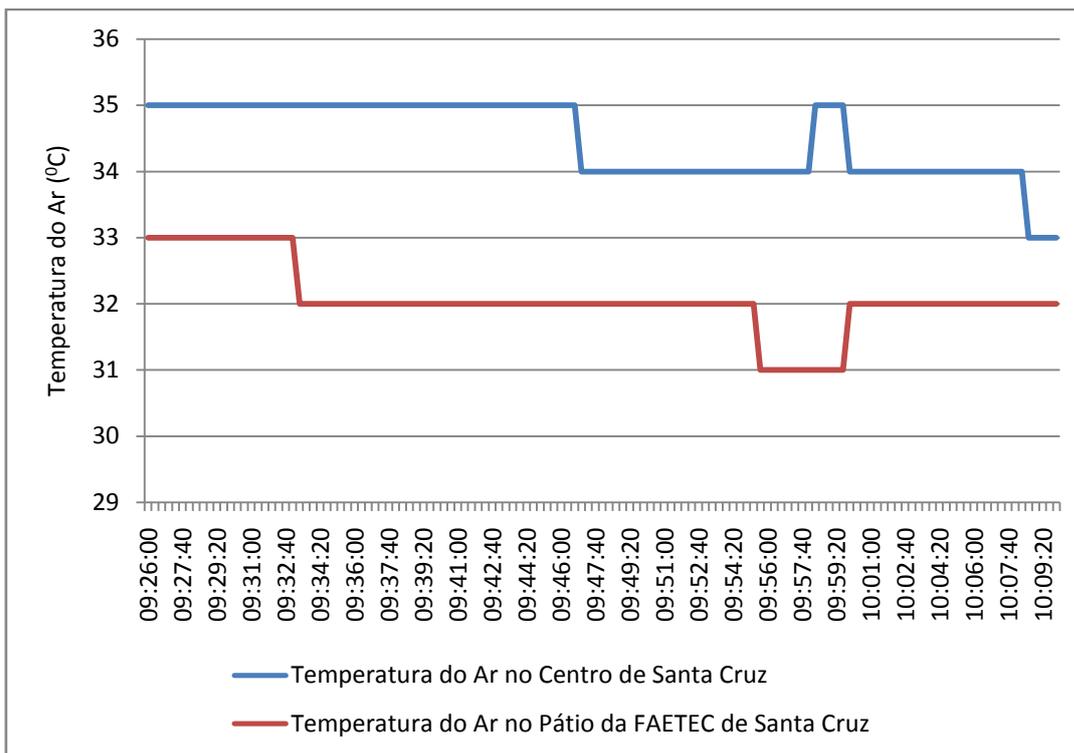


Figura 32 - Comparação entre as temperaturas do ar no pátio da FAETEC e no centro de Santa Cruz das 9 horas e 26 minutos às 10 horas 9 minutos e 20 segundos em 12/12/2015.

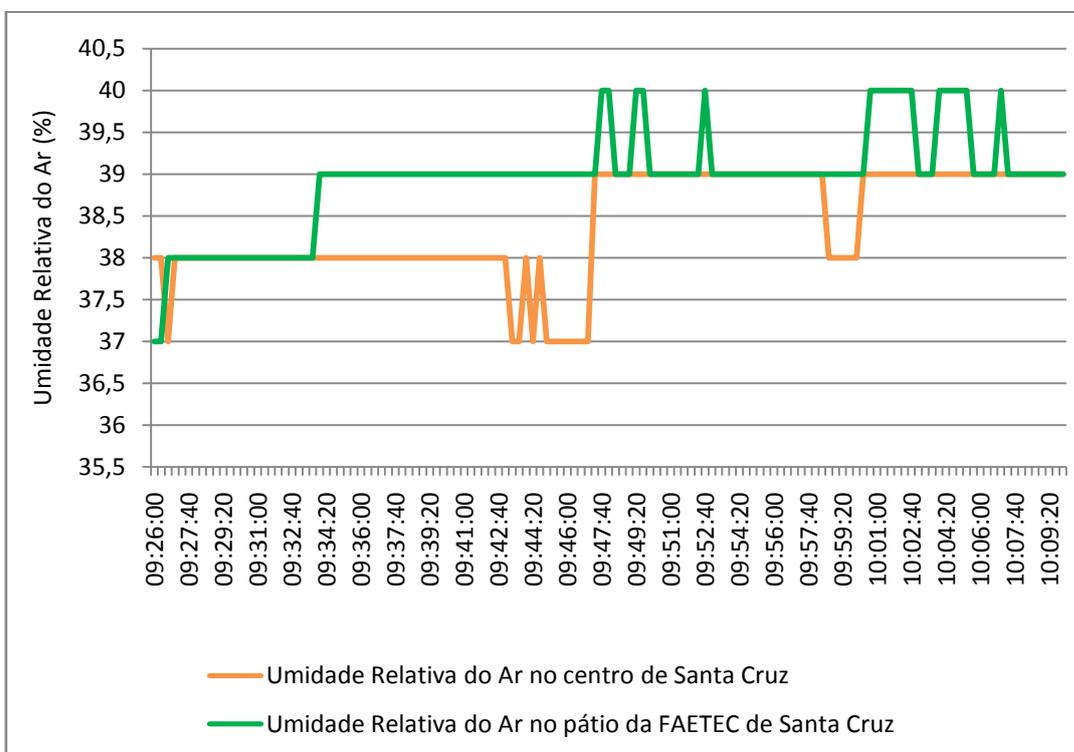


Figura 33 - Comparação entre as umidades relativas do ar no pátio da FAETEC e no centro urbano de Santa Cruz das 9 horas e 26 minutos às 10 horas 9 minutos e 20 segundos em 12/12/2015.

Tabela 16 - Índices e classes do desconforto térmico no pátio da FAETEC e no centro urbano de Santa Cruz com base nas temperaturas máximas e mínimas do ar e das umidades relativas máximas e mínimas do ar.

	Pátio da FAETEC	Centro Urbano de Santa Cruz
Temperatura Máxima do Ar ($^{\circ}\text{C}$)	33	35
Temperatura Mínima do Ar ($^{\circ}\text{C}$)	31	33
Umidade Relativa Mínima do Ar (%)	37	37
Umidade Relativa Máxima do Ar (%)	40	39
Índice do Desconforto Térmico Para a Temperatura Máxima e Umidade Relativa Mínima ($^{\circ}\text{C}$)	22,86	23,76
Índice do Desconforto Térmico Para a Temperatura Mínima e Umidade Relativa Máxima ($^{\circ}\text{C}$)	21,96	22,86
Classe do Desconforto Térmico Para a Temperatura Máxima e Umidade Relativa Mínima	Conforto Parcial	Conforto Parcial
Classe do Desconforto Térmico Para a Temperatura Mínima e Umidade Relativa Máxima	Conforto Parcial	Conforto Parcial

Tabela 17 - Intensidade das ilhas de calor urbanas no centro urbano de Santa Cruz

Horário	Diferença de Temperatura do Ar entre o pátio da FAETEC e o Centro Urbano de Santa Cruz (°C)	Intensidade da Ilha de Calor Urbana no Centro Urbano de Santa Cruz (°C)
09:26:00 às 09:33:00	2	Fraca
09:33:00 às 09:46:40	3	Moderada
09:46:40 às 09:55:20	2	Fraca
09:55:20 às 09:58:00	3	Moderada
09:58:00 às 09:59:40	4	Moderada
09:59:40 às 10:08:20	2	Fraca
10:08:20 às 10:09:20	1	Fraca

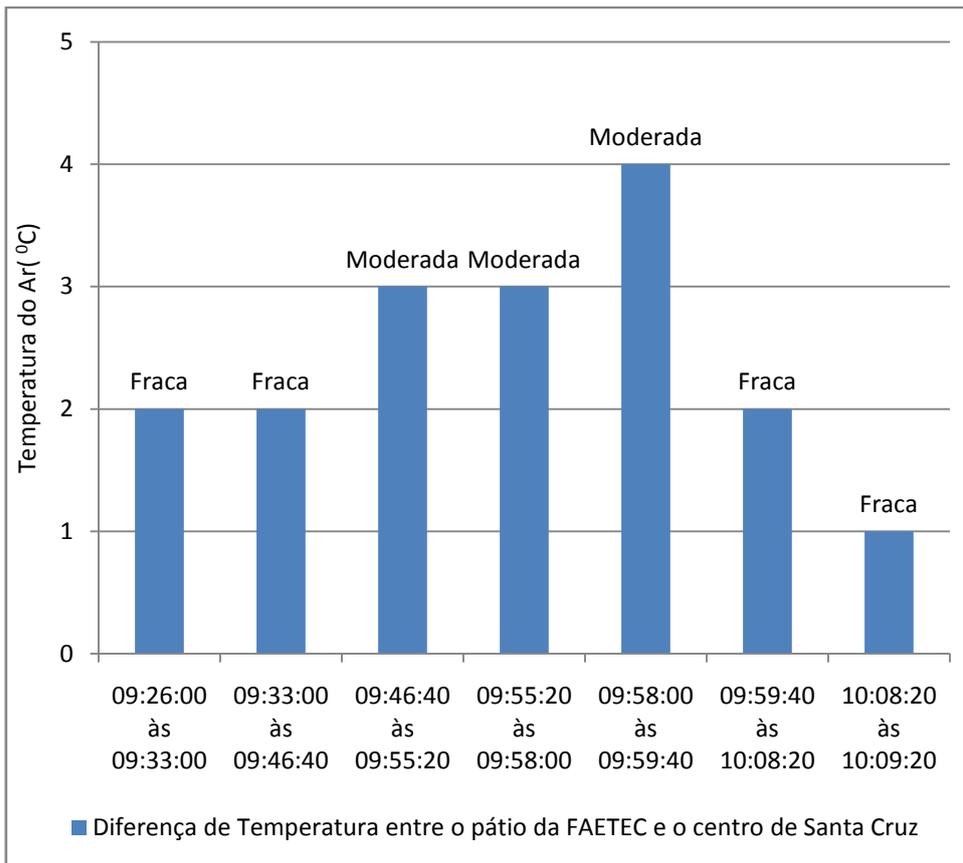


Figura 34 - Intensidades de ilha de calor urbana no centro de Santa Cruz das 09 horas e 26 minutos às 10 horas 9 minutos e 20 segundos, com base nas diferenças de temperatura entre o pátio da FAETEC de Santa Cruz e o centro de Santa Cruz em 12/12/2015.

Dúvidas sobre a escolha das regiões a serem investigadas, assim como dificuldades em diferenciar áreas rurais de urbanas poderão surgir. A escolha dos locais depende do efeito que se quer investigar. Para efeito de comparação e investigação de temperatura e umidade relativa do ar entre dois ambientes é importante que se tenha um terceiro local de medição próximo dos outros dois locais e na mesma altitude. A Tabela 18 elaborada por Stuart (2007) é um exemplo do esforço de diversos pesquisadores em classificar diversos ambientes.

Tabela 18 - Exemplos de ambientes rurais e urbanos para alguns estudos de clima urbano.

Urbano	Rural	Urbano e Rural
Jardim Botânico (Syakova e Zaharieva, 1998)	Campos de arrozais (Sakakibara e Matsui, 2005).	Aeroportos (Adebayo, 1991).
Parque urbano (Gedzelman et al. 2005)	Reserva ecológica (Jauregui, 1997).	Instituto meteorológico (Robaa, 2003).
Hospital (Tumanov et. al. 2005).	Tundra artica (Hinkel et. al. 2003).	Campus universitários (Parry, 1996).
Shopping Center (Landsberg e Maisel, 1972).	Deserto (Hedquist e Brazel, 2006).	Observatórios do tempo (Zhou, 1990).
Postos de Bombeiros (Bowling e Benson, 1978)	Florestas tropicais (Chow w Roth, 2006).	Jardins de escola (Okoola, 1980).
Quadra urbana (Unger, 1996).	Seringais (Emmanuel e Johansson, 2006).	
Canyon urbano (Eliasson, 1994)	Pomares (Tso, 1996).	
Estaleiro (Moreno-Garcia, 1994).	Fazendas experimentais (Bohm, 1988).	

Fonte: Adaptado a partir de Stewart (2007).

É importante destacar também que as diferentes superfícies onde as miniestações serão colocadas já acarretam diferenças de temperatura, sendo portanto necessário considerar a definição de ilha de calor e escolher superfícies idênticas.

A absorção ou emissão de radiação é diferente para as diferentes superfícies da Terra (solo nu, oceanos ou vegetação) ou posição geográfica e época do ano. O vapor d'água, com suas mudanças de fase e consequente liberação de calor latente, faz com que se tenham fontes e sorvedouros de energia que precisam ser considerados quando se

estuda os movimentos do ar. Em meteorologia são definidas as seguintes escalas de movimentos atmosféricos:

- Micro-escala: é a menor escala que tem importância meteorológica. Os fenômenos que acontecem nessa escala têm dimensões da ordem de 1 metro a 1 km, e duração da ordem de 1 segundo até cerca de 1 hora. Nessa escala são enquadrados: processos de formação das gotas de chuva, dispersão de poluentes e interação no sistema solo-plantas e atmosfera.
- Meso-escala: Os fenômenos nessa escala têm dimensões da ordem de 1 km até cerca de 100 km. A duração característica é da ordem de 1 hora a 1 dia. Nessa categoria são enquadrados os fenômenos: tornados, linhas de instabilidade, tempestades isoladas, conjuntos ou sistemas de nuvens, ilhas de calor e brisas.
- Macro-escala: Os fenômenos dessa escala são os que mais afetam o dia-a-dia. Esses sistemas têm dimensões da ordem de algumas centenas de quilômetros e duração da ordem de um dia a meses. Nela se enquadram: furacões, frentes frias, ciclones e anticiclones e as “ondas de oeste”. Esses fenômenos têm também um importante papel na determinação das características climáticas e sazonais nas diversas regiões do globo.
<http://www.iag.usp.br/siae98/meteorologia/dinamica.htm>.

A ilha de calor urbana é, portanto, um fenômeno de meso-escala atuando em dimensões que estão compreendidas entre 1 km e 100 km. Por este motivo aconselhamos a construção das miniestações meteorológicas, pois possibilitam a investigação de uma grande variedade de áreas que poderão estar próximas ou distantes entre si. Com as miniestações meteorológicas, por exemplo, será possível investigar atuação de ilhas de calor em dois pontos num mesmo bairro o que não será possível através dos sítios oficiais que, normalmente, não possuem duas estações meteorológicas num mesmo bairro. Queremos deixar claro, no entanto, que a investigação através dos sítios oficiais de meteorologia também é muito enriquecedora devido, principalmente, à grande quantidade de dados disponíveis, registrados por vários anos, o que permitirá um estudo climatológico mais detalhado sobre a evolução da ilha de calor urbana, fato essencial para a própria definição do fenômeno.

Os alunos concluíram desta atividade que, como na atividade 2, ao anoitecer, as temperaturas em áreas urbanas tendem a permanecer constantes por um período maior enquanto em áreas com vegetação tendem a diminuir rapidamente o que acentua as diferenças de temperatura durante a noite intensificando as ilhas de calor urbanas. Ficou claro para eles que este fato está diretamente relacionado à poluição e às propriedades térmicas dos materiais de construção presentes nas áreas urbanas. Em relação à umidade relativa do ar os alunos observaram que ela foi maior nas áreas com presença de vegetação em mais de 90% do período investigado, o que os fez chegar à conclusão de que é necessário haver mais áreas verdes nos centros urbanos.

Todos os dados registrados nas atividades deste trabalho sofreram a influência de fatores como a altitude e/ou a exposição das miniestações à diferentes superfícies. Essas influências poderão ser reduzidas ou mesmo excluídas para uma melhor análise do fenômeno da ilha de calor, no entanto, os dados obtidos comprovam as diferenças de temperatura entre dois ambientes a que as pessoas estão expostas estimulando nos estudantes a vontade de investigá-los. É muito importante que o professor forneça orientações claras e objetivas aos seus alunos sobre como devem proceder em cada etapa das atividades propostas, pois as dúvidas serão muitas, tanto antes quanto durante suas execuções, além das dúvidas de toda a turma durante as apresentações dos grupos em sala de aula (Figura 35).



Figura 35 - Fotografia das apresentações dos alunos em sala de aula.

Conclusão

Verificou-se que uma prática investigativa contextualizada é fundamental para consolidar aprendizagens anteriores e ampliar as oportunidades para se adquirir novos conhecimentos pois os estudantes são estimulados a cada momento a analisar e tomar decisões acerca de informações que eles mesmos adquiriram. As atividades de investigação contribuem imensamente neste sentido, proporcionando autonomia aos alunos e ao mesmo tempo promovendo a interação entre eles.

As atividades desenvolvidas nesta dissertação provocaram uma ampla discussão entre os alunos que mostraram-se interessados em investigar a atuação do fenômeno através da coleta e análise dos dados, divulgá-lo e encontrar meios para solucioná-lo. Achamos importante que o fenômeno das ilhas de calor urbanas seja abordado em livros de ensino médio como uma das formas de contextualizar a física térmica, chamando a atenção para um problema ambiental que vem crescendo ao longo dos anos.

Os componentes eletrônicos utilizados neste trabalho, em especial a placa Arduino, são pouco conhecidos pelos alunos sendo este, portanto, um dos fatores estimulantes que levou um grande número de alunos a se interessar pelas atividades desenvolvidas. A divulgação e o incentivo à utilização deste componente eletrônico (o Arduino) trará muitos benefícios às práticas educativas dos professores por oferecer riquíssimas oportunidades de contextualização através de vários projetos já existentes, muitos voltados para o ensino de física. Além da possibilidade de utilização de tais projetos, os professores e os alunos que se interessarem poderão conhecer mais profundamente as formas de se trabalhar com a placa Arduino através, por exemplo, de diversos cursos online totalmente gratuitos. Assim eles poderão desenvolver seus próprios projetos para fins diversos, inclusive didáticos.

É fundamental a sensibilização de toda a comunidade escolar sobre a constante necessidade de organizar debates e desenvolver projetos interdisciplinares que possam não apenas conscientizar, mas estimular a ação de todos os agentes envolvidos na luta pela melhora da qualidade do meio em que vivem.

Referências Bibliográficas

ALCOROFADO, M. J. O clima da região de Lisboa: Contrastes e ritmos térmicos. Lisboa: Centros de Estudos de Lisboa/Universidade de Lisboa, 1993. in: FIALHO, E.D. Ilha de Calor: Reflexões Acerca de um Conceito. ACTA Geográfica, Boa Vista, Ed.Esp. Climatologia Geográfica. p.61-76, 2012.

AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A.M.P.(org.) Ensino de Ciências. São Paulo: Pioneira Editora Thomson Learning, (2004)

BAPTISTA, G.M.M. Revista Scientific American Brasil, aula aberta ano 1 nº 2. p. 24 – 38, 2010.

BEZERRA, P.T.C.; AZEVEDO, P.V.; LEITÃO, M.M.V.B.R. Ilhas De Calor E Desconforto Térmico No Semiárido Brasileiro: Um Estudo De Caso Na Cidade De Petrolina-PE. Revista Brasileira de Geografia Física. V. 06, N. 03, 2013.

BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 19, nº 3, p. 291-313, dez/2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais. – Ensino Médio. Brasília: SEMTEC/MEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais. – Ensino Médio. Brasília: SEMTEC/MEC, 1999.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C. . **Ciências no Ensino Fundamental - O Conhecimento Físico**. São Paulo: Editora Scipione, 1998. 200 p.

CARVALHO, A.M.P. (2010). Práticas Experimentais no Ensino de Física, In: Carvalho, A.M.P., Ensino de Física. 1ª ed., 53-78, São Paulo: Cengage Learning.

CARVALHO, A.M.P. (2006). Las practicas experimentales en el proceso de enculturación científica . In:GATICA, M Q; ADÚRIZ-BRAVO, A (Ed). Enseñar ciencias en el Nuevo milenio: retos e propuestas. Santiago: Universidade católica de Chile.

THOM, E.C (1959). The discomfort index. Weatherwise. v.12, n.1, p. 57-60 (1959). <http://dx.doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>

ERENO, DINORAH. Para Evitar Novos Flagelos.ED 171. 2010. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/07/016-021-171.pdf?dae423>. Acesso em: 29/03/2016

CONFERÊNCIA INTERGOVERNAMENTAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DE TILIBIS 1977. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/cea/Tbilisicompleto.pdf> Acesso em 20 de abril de 2016.

FANGER, P. O. Thermal Comfort. New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1970; INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDASDIZATION. Ergonomics of the thermal environment Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales, ISO 10551. Genebra, 1995.

FIALHO, E.D. Ilha de Calor: Reflexões Acerca de um Conceito. ACTA Geográfica, Boa Vista, Ed.Esp. Climatologia Geográfica. p.61-76, 2012.

FNDE (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação), Guia de Livros Didáticos PNLD 2012: Física. Brasília: Ministério da Educação – Secretaria de Educação Básica, 2011. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/arquivos/category/125-guias?download=5507:pnld-2012-fisica> Página principal: <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/guia-do-livro/item/2988-guia-pnld-2012-ensino-medio> Acesso em Dezembro de 2015.

FREITAS, E. "Ilha de calor"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://www.brasilecola.com/geografia/ilha-de-calor.htm>>. Acesso em 04 de outubro de 2015.

GARTLAND, L. Ilhas de calor como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

GOMÉZ, F.; TAMARIT, N.; JABALOYES, J. (2001). Green zones, bioclimatics studies and human comfort in the future development of urban planning. *Landscape and Urban Planning* Nº 55, p. 151–161. in: Bezerra, P.; Leitão, M.; de Azevedo, P. Ilhas de Calor e Desconforto Térmico no Semiárido Brasileiro: Estudo de Caso na Cidade de Petrolina-PE (Heat Islands And Thermal Discomfort In The Brazilian Semiarid Region: A Case Study In City Of Petrolina-PE). **Revista Brasileira de Geografia Física**, América do Norte, 6 7 11. 2013.

KROHLING, A.; CARMO, W.; MANEIA, A. Meio Ambiente e Cidadania: Uma Perspectiva Sobre o Desenvolvimento Sustentável. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. V. 18, n. 1, p.220-227, 2014.

LAAR, M.; SOUZA, C.; ASSUNÇÃO PAIVA, V. L.; AUGUSTA DE AMIGO, N.; TAVARES, S.; GUSMÃO, F. et al. Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos em cidades de clima tropical. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído -ENCAC, São Pedro, 6., 11-14 de novembro de 2001.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A.A.P.; GOULART, S.; Conforto e Stress Térmico, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Departamento de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina (2008). (www.labeeee.ufsc.br/sites/default/files/.../ECV4200_apostila%202011.pdf_2.pdf - último acesso 30/06/2016)

LANDSBERG, H.E. *The Urban Climate*. New York, Academic Press, 1981.

LOMBARDO, M. A. Ilha de Calor nas Metrôpoles – O exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

LUCENA, A.J. A Ilha de Calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. UFRJ,2012.

MCRBERTS, M. Arduino Básico. São Paulo. Novatec Editora,2011.

MANLEY, G. 1958. On the Frequency of Snowfall in Metropolitan England. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 84: 70-72.

MENDONÇA, F. A. O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para o estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. (Tese de Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP- Programa de Pós-Graduação em Geografia, 1994, 300p.

MOREIRA, M. A; LEVANDOWSKI, C. E. Diferentes abordagens ao ensino de laboratório. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

MORENO, G. M. C. Climatología urbana. Textos Docents, 160 Text-guia. Barcelona: Edicions da Universitat de Borcelona, 1999. 71p.

MOLION, L.C.B. Aquecimento Global: fato ou ficção. *Ação e Ambiental*, ano IV, n. 18, p. 19-21, 2001.

NELSON, R; SAMPAT, B. Making sense of institutions as a factor shaping economic performance, 2001.In: CONCEIÇÃO, C.S. Da Revolução Industrial à Revolução da Informação: Uma Análise Revolucionária da Industrialização da América Latina. Tese(Doutorado) , Universidade Federal do Rio grande do Sul, 2012.p.14.

OKE, T. R. City size and urban heat island.*Atmospheric environment*, New York, v. 7, n. 8, 1973. pp. 769–779.

PAZERA JUNIOR, E. Ilha de Calor da Cidade: Fatores e atributos. Revista do Museu Paulista.Vol.22, São Paulo: USP. 1975.

POLÍTICA NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL – PNEA (Brasil, 1999). Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9795.htm Acesso em 21 de abril de 2016

POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm acesso em 21 de abril de 2016

REIGOTA, M. O que é educação ambiental. São Paulo: Brasiliense, 2001.63p.

RIZWAN, A. M.; DENNIS, Y.C; LIU, C. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. Journal of environmental sciences, Tokyo, v. 20, n. 1, 2008. pp. 120–128. In: FIALHO, E.D. Ilha de Calor: Reflexões Acerca de um Conceito. ACTA Geográfica, Boa Vista, Ed.Esp. Climatologia Geográfica. p.61-76, 2012.

ROSEGHINI, WILSON F. F.; CASTELHANO, F. J. A utilização de Policloreto de Vinila(PVC) na Construção de Miniabrigos Meteorológicos para Aplicação em Campo. Revista Brasileira de Climatologia, 2011.

SANTOS, C.A .dos; LIMA, J.R.A. Análise dos Efeitos da Expansão Urbana de Manaus-AM Sobre Parâmetros Ambientais Através de Imagens de Satélite. Revista Brasileira de Geografia Física. V. 6, N^o 1. P.001-014. 2013

SEO, E. S. M.;LICCO, E. A. e MARINO, L. M. R., 2011: Reflexões sobre as Mudanças Climáticas no Estado de São Paulo. Interfacehs. Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade. Vol. 6, No. 2, ISSN 1980-0894. Disponível em: <<http://www.revistas.sp.senac.br/index.php/ITF/article/viewFile/199/195>>. Acesso em: 14 de março de 2016

SILVA, V.P.R;. AZEVEDO, P.V.; BRITO, R.S.; Campos; J.H.B.C. (2009). Evaluating the urban climate of a typically tropical city of northeastern Brazil. Environ Monit Assess. DOI 10.1007/s10661-008-0726-3.in: Bezerra, P.; Leitão, M.; de Azevedo, P. Ilhas de Calor e Desconforto Térmico no Semiárido Brasileiro: Estudo de Caso na Cidade de Petrolina-PE (Heat Islands And Thermal Discomfort In The Brazilian Semiarid Region: A Case Study In

City Of Petrolina-PE). **Revista Brasileira de Geografia Física**, América do Norte, 6 7 11. 2013.

SLATER, P. N. Remote Sensing, Optics and Optical Systems. Boston (MA): Addison-Wesley Pub. Co. 1980, 575 p.

STEWART, I. D. Landscape representation OKE, T. R. Canyon geometry and the and the urban-rural dichotomy in empirical nocturnal urban heat island: Comparision of urban heat island literature, 1950–2006. Acta scale model and field observations. Journal of Climatologica et chorological. Szeged, v. 40-41, climatology, New York, v. 1, n. 3, 1981. pp. 2007. pp. 111–121. In: FIALHO, E.D. Ilha de Calor: Reflexões Acerca de um Conceito. ACTA Geográfica, Boa Vista, Ed.Esp. Climatologia Geográfica. p.61-76, 2012.

TUMANOV, S.A.; STA N-SIOU, A.; LUPU, C.; SOEI.; OPREA, C. Influences of the city of Bucharest on weather and climate parameters. **Atmospheric Environment**, Washington, v.33, p.4173-4183, 1999.

ZOMPERO, A.F.; SAMPAIO, H.R.; LOPES,P.O.Y. e ANDRADE, J.A. Estudo Sobre Transferência de Significados em Uma Atividade de Educação Ambiental. V.4, p.58-67, 2014.

VECCHIA, F. Cobertura Verde Leve (CVL): Ensaio experimental. ENCAC – ELACAC 2005. Maceió, Alagoas, Brasil. 5-7 outubro de 2005.

http://portalgeo.rio.rj.gov.br/bairros Cariocas/index_bairro.htm). Acesso em 12 de abril de 2016

<http://www.iag.usp.br/siae98/meteorologia/dinamica.htm>. acesso em 9 de abril de 2016

Anexo A – Unidade eletrônica de medida e armazenamento de dados da miniestação meteorológica.

A.1 – Materiais.

Prezado Professor, neste anexo apresentamos os detalhes para a construção da unidade de medida e armazenamento de dados utilizado nas aplicações descritas na tese. Na Tabela A1 apresentamos a relação completa dos itens necessários. Uma forma muito usada para aquisição desses itens é através de lojas virtuais na rede internet. É possível encontrar bons fornecedores no Brasil e sugerimos que você faça uma boa pesquisa de preço antes de se decidir fechar uma compra.

Tabela A1 – Relação de Materiais.

		item	Quantidade
	1	Placa Arduino Uno (Ver 3)	01
	2	Escudo para cartão de memória tipo SD (utilizamos o <i>SD Cardshield V4.0</i> da Seedstudio)	01
	3	Sensor de temperatura e umidade relativa DHT11 no sistema Grove	01
	4	Cabo padrão Grove de quatro vias	01
	5	Mini-cartão SD com adaptador. Nota: o cartão não deve ter mais de 8 Gb para ser usado com o <i>cardshield V4.0</i>.	01

Um alerta importante: evite placas que tenham um preço muito abaixo da média. Em geral essas placas apresentam algum tipo de problema.

A.2 – Montagem.

A montagem do sistema de medida e armazenamento de dados é muito simples não havendo necessidade de solda e outras ferramentas. Mostramos na Figura A1 o esquema de conexões.

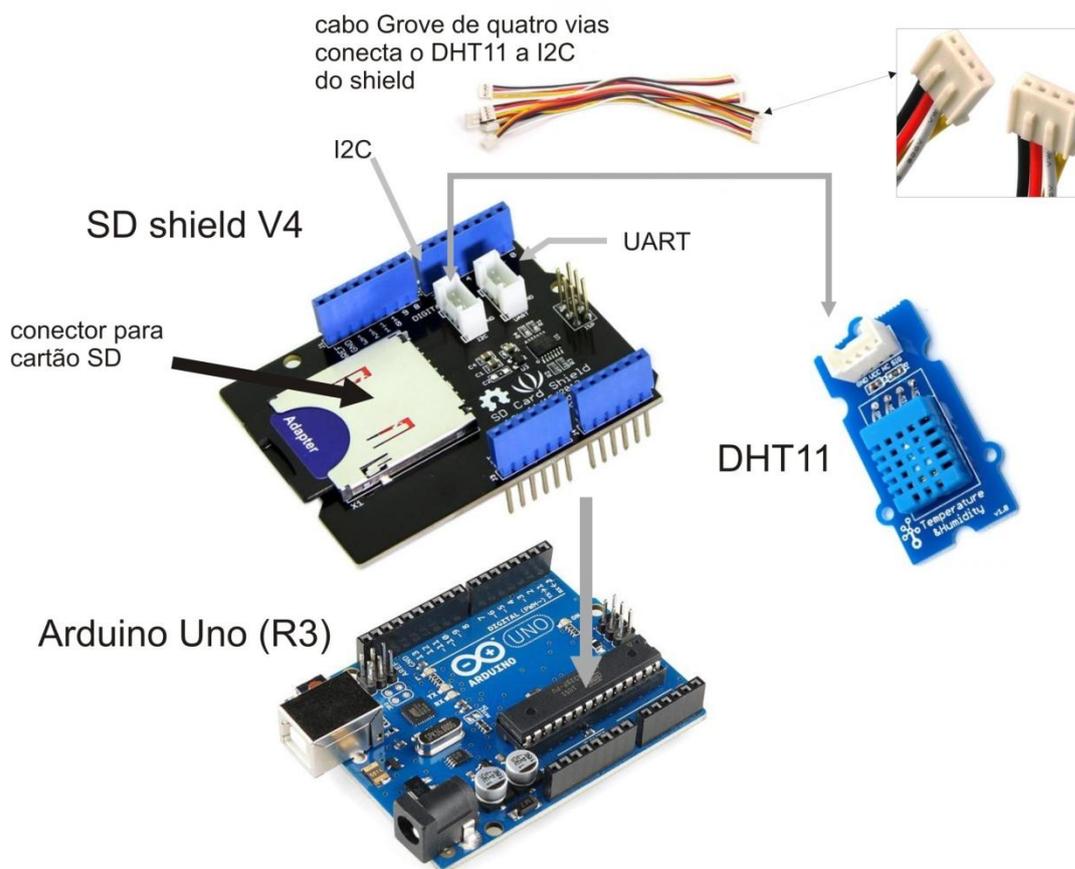


Figura A1 – Esquema de ligação do sistema de medida e armazenamento de dados da miniestação meteorológica.

O Sensor DHT 11 é um sensor digital com resolução de 8 bits, tanto em temperatura quanto em umidade relativa (UR), que opera no padrão *one-wire* (um único cabo para a transmissão de dados). Como vemos na figura, toda a montagem é por encaixe, e essa é uma das principais vantagens do uso deste modelo *SD shield V4*. Ele é fornecido com dois conectores com padrão Grove que constituem portas pré-formadas no padrão I2C e UART. Usamos a conexão I2C do *SD shield V4* para conectar o sensor DHT11 à placa Arduino. O sensor DHT 11 no padrão Grove permite que a ligação se

faça por um simples cabo Grove de quatro vias. Outros modelos de *SD shield*, que não tenham essas mesmas funcionalidades, podem ser usados, mas acreditamos que essa disposição é a de melhor praticidade em relação aos custos.

Existem duas versões, fornecidas por mais de um fabricante, para o sensor de temperatura e umidade: o DHT 11 e o DHT 22. Cópias das tabelas de dados (*datasheet*) podem ser encontradas em nosso diretório. O modelo que usamos é o mais barato. Por essa razão suas características técnicas são inferiores ao modelo DHT 22. Na tabela A2 comparamos alguns itens simples de maior relevância para as aplicações que fazemos aqui.

Tabela A2 – Comparação de parâmetros de desempenho entre os sensores DHT 11 e DHT 22.

	DHT 11	DHT 22
Intervalo operacional	UR (%): 20-90; Temperatura(⁰ C): 0~50;	UR(%): 0-100; Temperatura(⁰ C): -40~80;
Acurácia	UR(%): ± 5; Temperatura(⁰ C): < ± 2;	UR(%): ±2(max: ±5); Temperatura(⁰ C): <± 0,5;
Reprodutibilidade	UR(%): ±1; Temperatura(⁰ C): ±1;	UR(%): ±1; Temperatura(⁰ C): ± 0,2;
Preço(verificado num mesmo fornecedor em 23/06/2016)	R\$ 16,90; (frete não incluso)	R\$ 39,90; (frete não incluso) Nota: item esgotado na loja, o que significa que o preço pode ser bem diferente (para mais) com o estoque novo.

Ao projetar as suas aplicações, você deve escolher o modelo que melhor se adapta. O programa utilizado e descrito na próxima seção se aplica para os dois modelos. Se você estiver planejando construir mais de um abrigo, recomendamos que sejam todos colocados em um mesmo ambiente e se realize uma tomada de dados simultânea. De posse dos dados verifique se a dispersão de dados está dentro dos limites indicados na tabela A2.

A.3 – O programa (sketch).

Na sequência apresentamos o programa usado. Trata-se de uma adaptação simples de códigos já desenvolvidos pelos fabricantes e de acesso público.

=====INÍCIO=====

/*

Programa para armazenamento de dados Temperatura (Celsius) e Umidade Relativa do ar (%) em cartão de memória tipo SD - Versão 1.0 de 27/08/2015.

Autores: Alipson Santos e Helio S. Amorim (MPEF - Mestrado Profissional em Ensino de Física - IF/UFRJ)

Baseado nos códigos,

```
'SD dataloggermemorycard
created 24 Nov 2010
modified 9 Apr 2012
by Tom Igoe'

e

'Example testing sketch for various
DHT humidity/temperature sensors
Written by ladyada, public domain'
```

O circuito:

- * sensor digital DHT11
- * Shield SD card ligado ao SPI *bus* como se segue:

```

** MOSI - pino 11
** MISO - pino 12
** CLK - pino 13
** CS - pino 4
*/

#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include "DHT.h"

#define DHTPIN A5
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

const int chipSelect = 4;

void setup(){

// Habilita a comunicação serial;
Serial.begin(9600);
Serial.print("Inicializando o cartão SD...");

// se cartão está presente ou pode ser inicializado:
if (!SD.begin(chipSelect)){
Serial.println("Falha no cartão ou cartão não presente");
// não faça mais nada:
return;
}
}

```

```

Serial.println("cartão inicializado.");
Serial.println("umidade relativa(%)   Temperatura (oC)");

// Abre o arquivo "datalog.txt"; você pode trocar o nome deste
// arquivo segundo as suas necessidades;

File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

//Inicia escrevendo informações de controle; altere essas
//informações segundo suas necessidades;

dataFile.println("ABRIGO: 1"); // indique o abrigo usado;
dataFile.println("SENSOR: DHT11");
dataFile.println("PROGRAMA: Datalogger_temp_umidade_03");

//indique sempre a versão do programa que esta gerando os dados;
dataFile.println("ULTIMA REVISAO DO SISTEMA: 18/06/2016");
dataFile.println("umidade relativa(%)   Temperatura (oC)");
dataFile.close();

dht.begin();
}

void loop(){

//Lê a temperature e a umidade relative(a leitura do sensor
//leva em torno de 250 milisegundos);

float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();

```

```

//Abra o arquivo "datalog.txt" e escreva os valores obtidos;

File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

//se o arquivo está aberto, escreva;
if (dataFile) {
dataFile.print(h);
dataFile.print("      ");
dataFile.println(t);
dataFile.close();

//escreva na porta serial também;
Serial.print(h);
Serial.print("      ");
Serial.println(t);
}

//Se o arquivo não abre dê uma mensagem de erro;
else {
Serial.println("erro ao abrir datalog.txt");
}

//período de amostragem (20s). Mude esse valor segundo suas
//necessidades;

delay(20000); }

```

=====fim=====

Copie o que está entre a barra **INÍCIO** e a barra **fim** e transfira o programa para a IDE (*IntegratedDevelopmentEnvironment*, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) da Arduino instalada em seu computador. Faça as alterações e adaptações

que julgar necessário e acione a função VERIFICAR da IDE e verifique se a compilação se completa normalmente. Com o sistema ligado ao computador acione a função MONITOR SERIAL e faça uma coleta de dados. Na Figura A2 vemos uma típica saída de dados.

```
ABRIGO: 1
SENSOR: DHT11
PROGRAMA: Datalogger_temp_umidade_03
ULTIMA REVISAO DO SISTEMA: 18/06/2016
umidade relativa(%)  Temperatura (oC)
51.00    19.00
50.00    19.00
51.00    19.00
51.00    19.00
```

Figura A2 – Típica saída de dados

Verifique o conteúdo do cartão de memória e confirme a presença do arquivo “datalog.txt”.

O programa gera apenas um arquivo e não permite uma atualização automática de nome. Toda vez que o sistema é ligado os dados são gravados no mesmo arquivo “datalog.txt”. Se você quer manter o arquivo com as medidas feitas faça uma copia logo que finalizar e apague do cartão o arquivo original.

Qualquer dúvida não hesite em entrar em contato com os autores através dos endereços postal ou eletrônico:

- Prof. Alipson de Assis Melo dos Santos (alipsonassis@gmail.com)
Rua Adauto da câmara 383 lote 2 quadra 5 Campo Grande – RJ
CEP: 23017580
- Prof. Helio Salim de Amorim (hsalim@if.ufrj.br)
Instituto de Física - Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 149
Centro de Tecnologia - bloco A - Cidade Universitária - Rio de Janeiro – RJ
CP: 68528
CEP: 21941-972
- Profa. Claudine Pereira Dereczynski (claudine@acd.ufrj.br)
Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – sala: G1-003– Ilha do Fundão
Instituto de Geociências – Departamento de Meteorologia - Cidade Universitária
- Rio de Janeiro – RJ
CEP: 21941-916

Os autores desde já agradecem a qualquer contribuição que ajude a aperfeiçoar este texto.

Anexo B – Construção da miniestação meteorológica.

B.1 - Materiais

Prezado Professor, neste anexo apresentamos instruções sobre a montagem da miniestação meteorológica utilizada nas atividades descritas na tese. A orientação extra que procuramos manter no projeto foi a de resistência, durabilidade, fácil construção, portabilidade e baixo custo. Quase todo o material utilizado é fabricado em PVC branco utilizado para rede domiciliar de água de despejo. Na Tabela B1 damos a relação completa de todos os itens necessários para construir uma unidade.

Tabela B1 – Relação de materiais.

	Item	Quantidade	
 No final deste anexo colocamos algumas fotos ilustrativas das conexões relacionadas.	- linha branca soldável -		
	1	Tubo de PVC de 40 mm	2 m
	2	Tubo de PVC de 100 mm	1 m (*)
	3	Tampa para tubo de 40 mm	06
	4	Conexão em "T" de 40 mm	03
	5	Terminal de ventilação para tubo de 100 mm	01
	6	Tampa para tubo de 100 mm	01
	7	Luva de 40 mm	03
	- linha marrom soldável -		
	8	Tubo de 32 mm	1 m (*)
	9	União de 32 mm	02
	10	Bucha de redução soldável curta de 40mm x 32mm	04
	- itens complementares -		
	11	Lixa para madeira nº 120	01 folha
	12	Tubo de cola para PVC (pequeno)	01
13	Cantoneira rígida de metal (1,5 cm x 5 cm x 5cm)	01	
	14	Abraçadeira de rosca sem fim (25-38);	01
	15	Bateria selada (12 VDC – 2,3 Ah)	01

	16	Fio paralelo preto e vermelho 2 x 0,5mm;	2 m
	17	Conector P2 fêmea;	01
	18	Terminal fêmea mosquitinho para conexão com a bateria;	02
	19	Parafuso (L~2cm) -arruela-porca (1/8");	04
	20	Parafuso curto (L~1cm) para madeira (1/8");	01
	21	Parafuso (L~4cm) – arruela (duas) - porca- porca borboleta, em latão (3/16");	01
	22	Papel – alumínio;	qs
	23	Prato descartável plástico (branco - $\phi = 20$ cm)	2
	24	solda-estanho 1 mm (rolo de 25g)*	01(*)

Na compra do conector P2 fêmea se oriente pela figura mostrada na Tabela B1 e verifique se ele se adapta corretamente na conexão de alimentação externa da placa Arduino. Quanto ao terminal de bateria verifique com atenção se a largura é compatível com os terminais da bateria que será usada. Esses terminais são vendidos com diferentes dimensões.

Além da relação de materiais, mostramos a seguir (Tabela B2) as ferramentas básicas que podem ser utilizadas na montagem da miniestação. Para os interessados em construir a miniestação, e que não possuam ferramentas e espaço adequado para

L – comprimento;

Φ – diâmetro;

qs – quantidade suficiente.

(*) – as quantidades indicadas são maiores do que o necessário para construir uma unidade. Indicamos aqui a quantidade mínima que normalmente pode ser comprada nas lojas de materiais de construção. A quantidade efetivamente usada esta indicada nas páginas seguintes.

trabalhos manuais, podem facilmente usar os serviços de uma oficina de serralheria ou de esquadrias de alumínio. Temos usado esses serviços com certa frequência e sempre com ótimos resultados e preços muito em conta. É comum encontrarmos profissionais dispostos a ajudar, dando quase sempre orientações que melhoram o projeto original.

Tabela B2 – Relação de ferramentas necessárias (mas não obrigatórias).

1		<p>- Furadeira;</p> <p>Nota: para uma furação segura e precisa é mais indicado o uso de uma furadeira vertical. É necessário um conjunto de brocas (para madeira ou metal) para a colocação dos parafusos indicados na tabela I. Para os furos de ventilação feitos no abrigo para permitir a livre circulação do ar pode-se usar brocas chatas de ½”.</p>
2		<p>- arco de serra;</p> <p>Para corte dos tubos de PVC.</p>
3		<p>- alicate pequeno;</p>
4		<p>- chave de fenda (média);</p>
5		<p>- ferro de solda (30W – 40W)</p>

B.2 - Instruções de montagem.

I) Antes de iniciar a montagem, é necessário cortar os tubos de PVC. São usados 6 pedaços de tubos de 40 mm que devem ser cortados com 15 cm de comprimento. Esses pedaços (ver Figura B1, itens **A1**, **A2**, **A3**, **A4**, **A5** e **A6**) são usados na construção do pedestal. As seis peças são coladas às 03 conexões em “T” (**T1**, **T2** e **T3**). As conexões **T1** e **T2** são horizontais e **T3** é vertical. Para colá-las, lixe bem as extremidades das seis peças **A** e os três encaixes correspondentes das conexões **T**. Aplique um filete de cola em todo o perímetro do tubo. Comece colando **A3** e **A4** em **T3** e em seguida cole **A2** e **A1** em **T1** e **A5** e **A6** em **T2**. Espere secar por 10 minutos e só então cole os três conjuntos **A3_A4_T3**, **A2_T1_A1** e **A5_T2_A6**. Neste ponto é necessário muita atenção para que a conexão **T3** fique alinhada perfeitamente na vertical, caso contrário a haste do abrigo não ficará na vertical, comprometendo o equilíbrio do sistema. Espere secar por mais 10 minutos e só então cole as quatro tampas (**t1**, **t2**, **t3** e **t4**) de 40 mm nas extremidades livres das peças **A1**, **A2**, **A5** e **A6**.

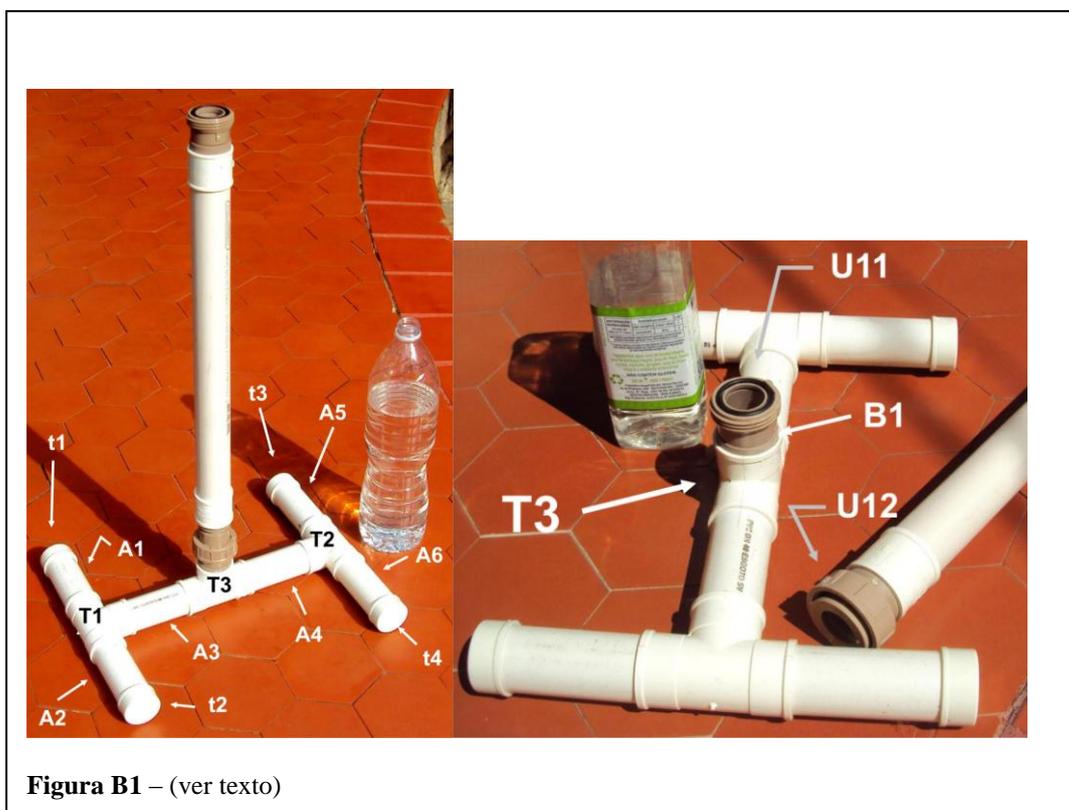


Figura B1 – (ver texto)

Colamos agora a união de PVC marrom de 32 mm. A união é composta de duas partes, **U11** e **U12**. **U11** (parte que contém a rosca) é colada no pedestal com auxílio de uma bucha de redução do diâmetro de 40 mm para o diâmetro de 32 mm. Cole a bucha de redução (**B1**) na saída de **T3** e espere secar. Corte uma peça de 5 cm de comprimento de tubo de PVC marrom de 32 mm de diâmetro. Esse pedaço de tubo é necessário para colar o terminal **U11** da união à bucha fixada previamente em **T3**. Lixe bem essa peça em toda a sua extensão e cole-a na bucha em **T3**. Empurre a peça com firmeza para que ela deslize até o fim da bucha. A parte que sobra para fora da bucha é usada para fixar **U11** ao pedestal. Essa mesma manobra é necessária para colar **U12** à haste vertical do abrigo.

II) A haste vertical tem duas seções. Essa divisão em duas seções foi concebida para permitir o fácil transporte da miniestação até os locais de estudo. Na Figura B2 mostramos os detalhes. Inicialmente cortamos duas peças de PVC de 40 mm com 50 cm de comprimento cada (**P1** e **P2**). **P1** é o pedaço que se conecta diretamente a base do pedestal através da união **U1**. Devemos iniciar colando a parte **U12** da união **U1** numa das extremidades de **P1**. Essa operação é idêntica a realizada anteriormente para a fixação de **U11** a base do pedestal. Para isso, colamos inicialmente uma luva de 40 mm (**L1**) na extremidade de **P1**. Deixamos secar e em seguida colamos em **L1** uma bucha de redução marrom de 40 mm para 32 mm (**B2**). Corte uma peça de 5 cm de comprimento de tubo de PVC marrom de 32 mm de diâmetro. Como antes, essa peça deve ser colada na bucha **B2**. O que sobra para fora é usado para fixar a parte **U12** da união **U1**. **ATENÇÃO: ANTES DE COLAR U12 À P1 VERIFIQUE SE O ANEL DE FIXAÇÃO (ESSE ANEL É MÓVEL) DA UNIÃO U1 ESTÁ INSERIDO NA U12.** Se você colar a **U12** na **P1** sem o anel de fixação de **U1** estar no lugar, você não terá como colocá-lo depois e todo o serviço será perdido.

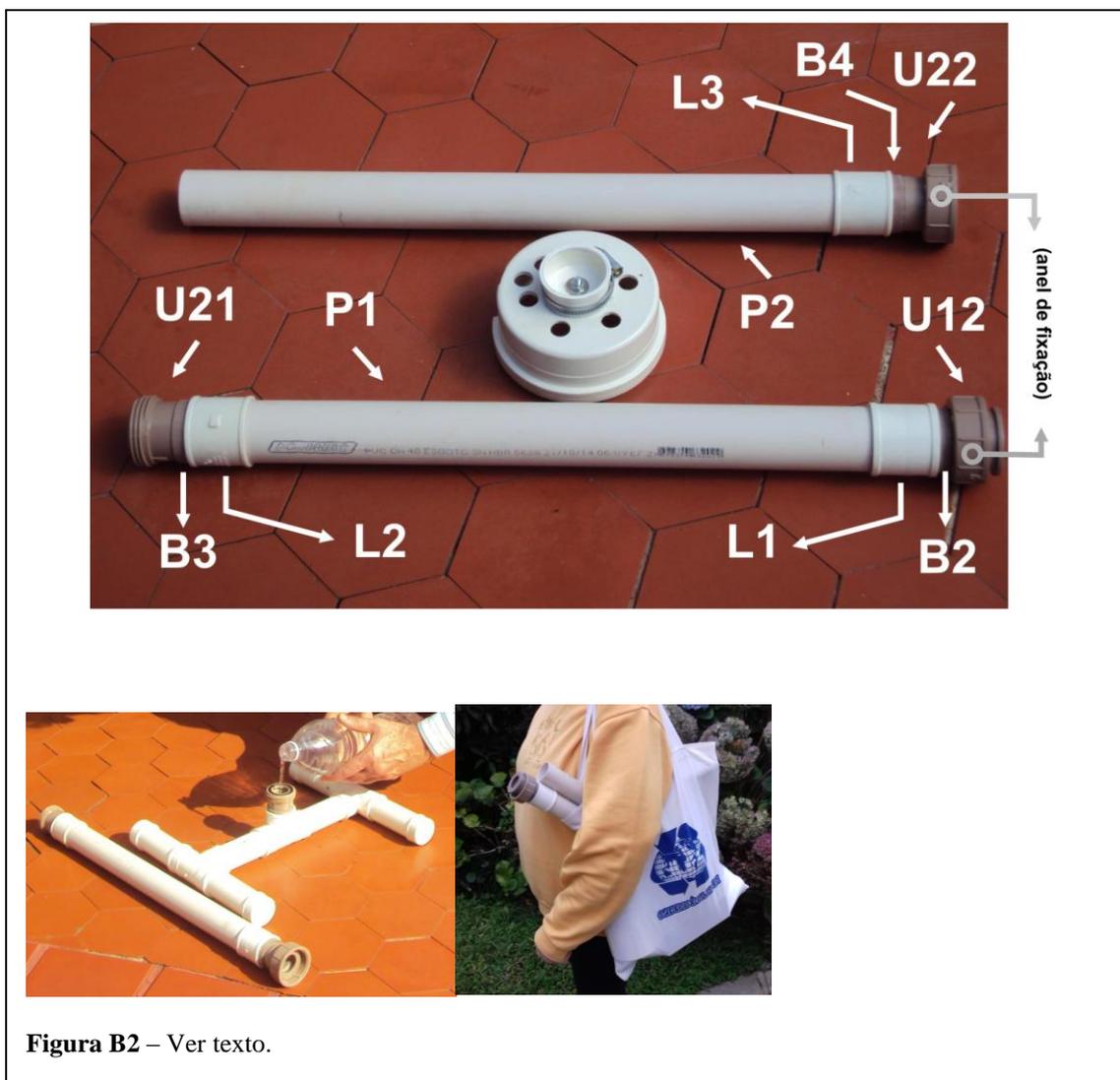


Figura B2 – Ver texto.

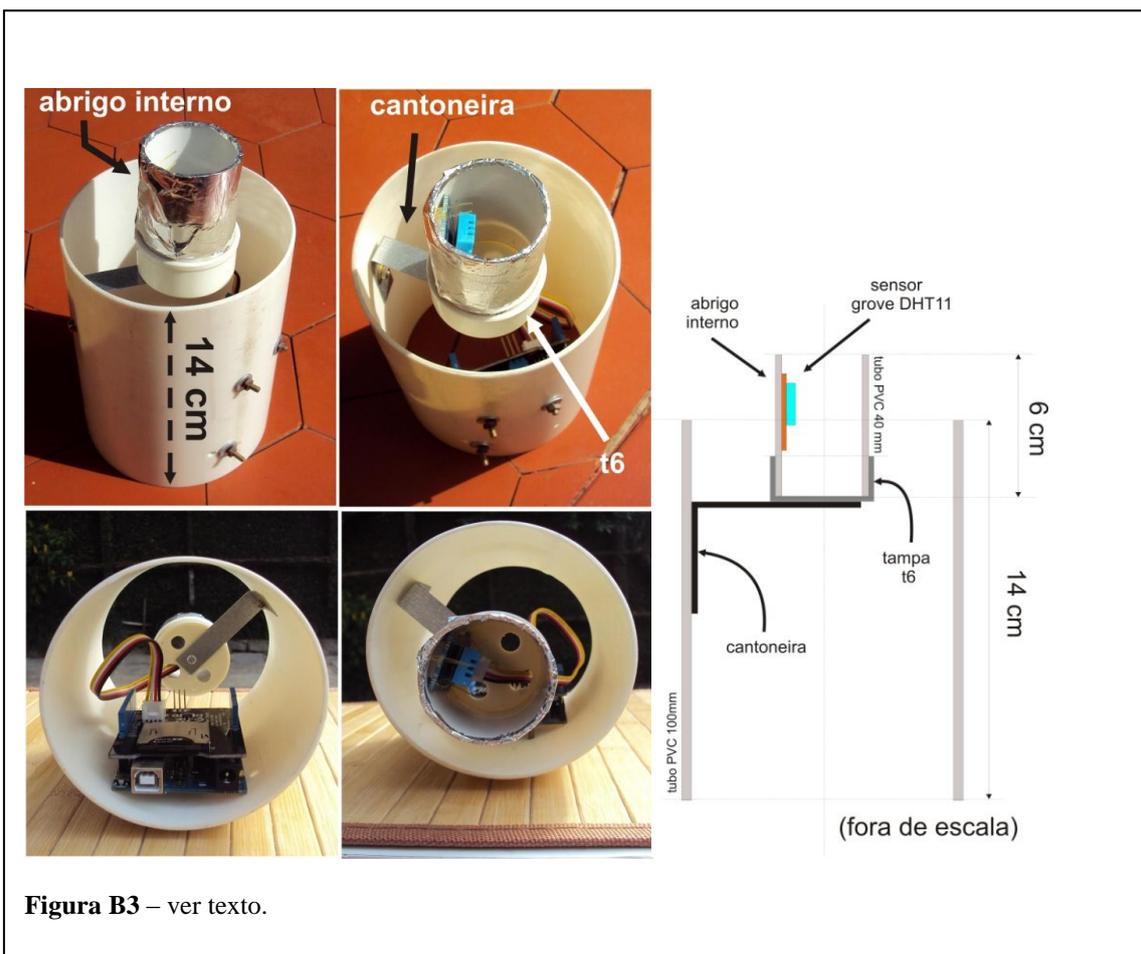
Na parte **P1** da haste devemos também colar a segunda união de 32 mm (**U2**). Essa união será usada para fixar a Parte **P1** à parte **P2** da haste. A união **U2** é composta das partes **U21** (parte que contém a rosca) e **U22**. Fixamos a parte **U21** na outra extremidade da **P1**. Para isso seguimos exatamente o mesmo procedimento feito para a fixação de **U12**. Será necessário o uso de uma luva (**L2**), uma bucha (**B3**) e um pedaço de tubo de 32 mm com 5 cm de comprimento.

Da mesma forma, devemos colar em uma extremidade da parte **P2** da haste a parte **U22** da união **U2**. Não há novidade: proceda exatamente como foi feito com a fixação das uniões **U1** e **U2** na parte **P1** (usamos a luva **L3** e a bucha **B4** tal como

indicado na figura B2). Para colocar a miniestação no local de estudo podemos encher a base da haste com água (ou mesmo areia lavada) para dotar o conjunto de maior estabilidade.

III) Para a construção do abrigo do sistema eletrônico (Arduino + datalogger) e sensor, usamos uma peça de 14 cm de comprimento do tubo de PVC branco de 100 mm. Corte essa peça com o arco de serra usando uma marcação previamente feita no tubo. Essa marcação deve servir para guiar o arco de serra e evitar que o corte fique torto em relação ao eixo do tubo. Após o corte lixe a área cortada e remova todas as irregularidades. Temos que fazer nesta peça três furos para a fixação da Arduino. A Arduino tem quatro furos em sua estrutura para auxiliar na fixação. Você deve escolher a broca correta e fazer as marcações com cuidado. A Figura B3 ilustra essa montagem.

Um quarto furo será necessário para a fixação da cantoneira que servirá de



suporte para o sensor. O pequeno abrigo interno do sensor é constituído de uma peça de

6 cm de comprimento de tubo de PVC de 40 mm. Na parede deste tubo fixamos a placa Grove com o sensor DHT11. A placa Grove tem pequenos furos que facilitam a sua fixação. Não são necessários parafusos para essa fixação, você pode usar linha de pesca para isso. A esse pequeno tubo conectamos (não colamos) uma tampa de PVC de 40 mm. Essa tampa (**t6**) serve para fixar o conjunto na cantoneira. Na Figura AII-3, um pequeno desenho da seção longitudinal é apresentado.

Fazemos um pequeno furo-guia no centro da tampa **t6** para permitir a sua fixação à cantoneira com uso do parafuso de madeira (auto atarraxante). Na borda da tampa fazemos furos (1/2") para permitir a circulação livre do ar na vizinhança do sensor. Observe que essa tampa de fixação deve ficar bem no centro do tubo de 100 mm. Essa centralidade é dada pelo furo correspondente na cantoneira. Para fazer o furo na cantoneira, você deve marcar a posição previamente experimentando diretamente. O furo deve ser de diâmetro suficiente para que o parafuso de fixação auto atarraxante passe livremente. Aproveita esse momento para fazer um furo no outro braço da cantoneira para permitir a sua fixação na parede do abrigo. A cantoneira posteriormente será fixada com auxílio de um parafuso de 1/8" com arruela e porca.

Por fim, para a fixação do abrigo (peça de 100 mm) na haste vertical usamos a tampa de PVC de 100 mm. Na face oposta desta tampa fixamos, com parafuso, uma outra tampa, agora de 40 mm. A Figura B4 mostra os detalhes. Fazemos um pequeno corte lateral na tampa de 100 mm para permitir a passagem das pontas dos parafusos que suportam a Arduino. O corte segue ao longo de toda a parede da tampa e tem aproximadamente 10 mm de largura.

A cobertura do abrigo é feita com o terminal de ventilação. No terminal de ventilação fazemos um furo para a fixação do parafuso de latão com porca borboleta. A utilidade deste parafuso é possibilitar a fixação do prato descartável que foi idealizado como uma proteção extra contra a radiação direta do sol.



Figura B4 – Ver texto.

IV) Para preparar o cabo de conexão da placa Arduino você vai precisar fazer algumas poucas soldas. Você vai precisar do ferro de soldar e solda de estanho. Pegue o fio paralelo preto-vermelho e separe as duas vias em uma das extremidades. Essas duas extremidades separadas farão o contato com a bateria. Com um estilete remova o isolamento plástico e deixe exposto aproximadamente 1 cm do fio de cobre. Com o ferro bem quente, aplique solda nessas duas extremidades recobrimdo-as de estanho. Isso facilita a soldagem posterior. Pegue dois terminais de bateria (mosquitinho) e

solde-os nestes terminais. Para o isolamento elétrico destas extremidades e uma maior rigidez podemos usar tubinhos de plástico termo retrátil. Na outra extremidade do fio devemos soldar o conector P2 fêmea. Na Figura B5 mostramos os detalhes.



Na Figura B6 mostramos a miniestação montada, onde vemos a cobertura tipo guarda sol feito com um prato plástico descartável. O acionamento da unidade ocorre quando ligamos o conector P2 à placa Arduino. Verifique sempre se o cartão de memória está corretamente inserido na placa e se as led's da Arduino acenderam, neste momento é imprescindível anotar a hora e a data, pois o sistema, na versão em que se encontra, não tem uma unidade de registro de tempo.

No planejamento da miniestação procuramos seguir as recomendações da norma ISO 7726 (1998) disponível em Lamberts *et al.* (2008) na parte que versa sobre a construção de abrigos meteorológicos para uso em áreas urbanas, mas não houve uma preocupação de adequação absoluta à normas uma vez que os dados a serem medidos não se destinam à aplicações comerciais e sim à análises comparativas. Todos os testes informais realizados indicam que as medidas de temperatura do ar feitas na miniestação são representativas da camada de ar na faixa em que se encontra o sensor DHT11 (~ 1,5 m).



Qualquer dúvida não hesite em entrar em contato com os autores através dos endereços postal ou eletrônico:

- Prof. Alipson de Assis Melo dos Santos (alipsonassis@gmail.com)
Rua Adauto da câmara 383 lote 2 quadra 5 Campo Grande – RJ
CEP: 23017580
- Prof. Helio Salim de Amorim (hsalim@if.ufrj.br)
Instituto de Física - Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 149
Centro de Tecnologia - bloco A - Cidade Universitária - Rio de Janeiro – RJ
CP: 68528
CEP: 21941-972
- Profa. Claudine Pereira Dereczynski (claudine@acd.ufrj.br)
Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro

Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – sala: G1-003– Ilha do Fundão
Instituto de Geociências – Departamento de Meteorologia - Cidade Universitária
- Rio de Janeiro – RJ
CEP: 21941-916

Os autores desde já agradecem a qualquer contribuição que ajude a aperfeiçoar este texto.

B.3 – Conexões utilizadas.

 <p>Terminal de ventilação</p>	 <p>Conexão T soldável para esgoto</p>
 <p>União soldável de 32 mm</p>	 <p>Bucha de redução 40mm x 32mm</p>
 <p>Tampa para tubo de 100 mm</p>	 <p>Tampa para tubo de 40 mm</p>

Figura B7 – Conexões Utilizadas

Anexo C - Procedimentos para a coleta de dados da atividade 2

Para obter os dados de temperatura e umidade relativa do ar no sítio do alerta rio faça o seguinte: primeiro acesse a Home Page do sítio mostrada na figura C1.

Alerta Rio
Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro

Info Dados Radar Alertas Notícias Previsão Escorregamentos

Tempo Real

Pluviométricos • **Meteorológicos**

Mês Anterior • Dia Anterior • Acumuladas Mensais • Maiores Chuvas • Tempo Real

Tabela de Dados - Mapa de Chuvas

Última Atualização: 12:05 - 20/01/2016 - Horário Brasileiro de Verão

Nº	Estação	Hora Leitura	15 min	1 h	4 h	24 h	96 h	No Mês
1	Volige	12:00	0,0	0,2	0,2	20,8	26,8	150,4
2	Unca	12:00	0,6	0,8	0,8	12,4	19,2	156,8
3	Rocinha	12:00	0,0	0,2	0,2	2,0	6,4	94,2
4	Tijuca	12:00	0,0	0,4	0,6	15,8	24,8	174,6
5	Santa Teresinha	12:00	0,2	0,4	0,4	11,0	20,6	155,6
6	Copacabana	12:00	0,0	0,0	0,4	12,0	21,0	140,4
7	Grajaú	12:00	0,0	0,0	0,0	16,2	28,0	161,8
8	Ilha do Governador	12:00	0,0	0,2	0,2	4,4	12,6	152,2
9	Penna	12:00	0,0	0,0	0,0	12,2	30,4	142,6
10	Madureira	12:00	0,0	0,0	0,0	15,0	31,4	220,0
11	Inglá	12:00	0,0	0,0	0,0	16,0	29,6	199,6
12	Sanga	12:00	0,0	0,0	0,0	10,0	34,0	204,8
13	Redade	12:00	0,0	0,0	0,0	12,4	26,6	173,6
14	Jacarepaguá/Tanque	12:00	0,0	0,0	0,0	26,4	38,4	167,6
15	Saúde	12:00	0,0	0,0	0,0	10,8	18,0	131,8
16	Jardim Botânico	12:00	0,0	0,2	0,2	17,8	25,2	151,8
17	Barra/Samambaia	12:00	0,2	0,4	0,4	34,6	48,8	234,4
18	Jacarepaguá/Cidade de Deus	12:00	0,0	0,0	0,4	23,4	31,8	177,4
19	Barra/RioCentro	12:00	0,0	0,0	0,0	14,4	49,4	186,0
20	Guaratiba	12:00	0,0	0,0	0,0	10,6	32,6	203,8
21	Est. Grajaú/Jacarepaguá	12:00	0,4	0,6	1,6	31,6	46,4	336,2
22	Santa Cruz	12:00	0,0	0,0	0,0	6,2	17,4	196,8
23	Grande Méier	12:00	0,0	0,0	0,0	16,4	29,8	130,4
24	Archieleia	12:00	0,0	0,0	0,0	28,8	46,8	218,0
25	Grota Funda	12:00	0,0	0,0	0,0	13,2	30,2	287,4
26	Campo Grande	12:00	0,0	0,2	0,4	6,6	25,8	201,6
27	Sepetiba	12:00	0,0	0,0	0,0	4,2	14,4	127,2
28	Alto da Boa Vista	12:00	0,2	1,2	2,2	25,8	37,0	315,6
29	Av. Brasil/Mendanha	12:00	0,0	0,0	0,0	14,8	30,2	170,4
30	Recreio dos Bandeirantes	12:00	0,0	0,0	0,0	10,6	32,2	206,4
31	Laranjeiras	12:00	0,2	0,6	0,6	12,0	21,6	163,0
32	São Cristóvão	12:00	0,0	0,0	0,0	10,6	17,4	133,4
33	Tijuca/Muda	12:00	0,0	0,0	0,0	13,8	25,2	169,6

Situação Atual
Condição de Chuvas & Probabilidade de Escorregamentos

Condições de Chuva

Bacia de Guanabara	Normalidade
Bacia de Sepetiba	Normalidade
Barra/Jacarepaguá	Normalidade
Zona Sul	Normalidade

Probabilidade de Escorregamento

Bacia de Guanabara	Baixa
Bacia de Sepetiba	Baixa
Barra/Jacarepaguá	Baixa
Zona Sul	Baixa

NOVO - Aplicativo do Alertario

Disponível no Google play e na App Store

Últimas Notícias

- N39 - Estação pluviométrica da Penna encontra-se em manutenção
- N38 - Estação pluviométrica da Saúde encontra-se em manutenção
- N37 - Mudança para Estágio de Atenção em todo Município às 17h35min do dia 15/01/2016
- N36 - Mudança para Estágio de Atenção na Bacia Bacia de Guanabara às 16h35min do dia 15/01/2016
- N35 - Mudança para Estágio de Atenção na Bacia Bacia de Guanabara às 17h25min do dia 14/01/2016

Search for:

Figura C1 - Home Page do Alerta Rio(<http://alerta.rio.rj.gov.br/>).

Já na Home Page do sítio coloque, com o mouse, a seta sobre dados e em seguida click em meteorológicos. A seguir escolha o bairro de sua preferência e click sobre ele. Para finalizar o processo escolha o período a ser investigado, logo abaixo escolha dados meteorológicos e faça o *download*. A figura C2, através dos passos a, b e c, mostra todo esse procedimento.

(a)

Alerta Rio
Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro

Info **Dados** Radar Alertas

Tempo Real

[Pluviométricos • Meteorológicos](#)

[Mês Anterior](#) • [Dia Anterior](#) • [Acumuladas Mensais](#) • [Maiores Chuvas](#)

[Tabela de Dados - Mapa de Chuvas](#)

Última Atualização: 12:05 - 20/01/2016 - Horário Brasileiro

Nº	Estação	Hora Leitura	15 min	1 h
1	Vidigal	12:00	0,0	0,2
2	Urca	12:00	0,6	0,8

(b)

Alerta Rio
Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro

Info Dados Radar Alertas

Meteorológicos

[Pluviométricos • Meteorológicos](#)

Última Atualização: 15:35 - 21/01/2016 - Horário Brasileiro de Verão

Últimos Dados Meteorológicos							
Nº	Estação	Hora	Direção Vento (graus)	Velocidade Vento (Km/h)	Temperatura (celsius)	Pressão (hPa)	Umidade (%)
11	Irajá	15:30	-	-	26,7	-	67,1
16	Jardim Botânico	15:30	-	-	27,4	-	71,8
19	Barra/Riocentro	15:30	-	-	27,1	-	79,1
20	Guaratiba	15:30	266,5	18,0	25,6	1007,8	80,9
22	Santa Cruz	15:30	-	-	28,4	-	70,1
28	Alto da Boa Vista	15:30	-	-	21,8	-	100,0
32	São Cristóvão	15:30	297,0	6,4	26,0	1007,2	71,5

(C)

Meteorológicos

Pluviométricos • Meteorológicos

Estação: Irajá - 11

Foto	Descrição
	 <p>Número: 11 Nome: Irajá Bacia: Baía de Guanabara Endereço: Ceasa - Av. Brasil, 19001 Latitude: -22,826944 Longitude: -43,336944 Data da Instalação: 01/01/1997 - 12:09 Ativa: Sim</p> <p>Está localizada no CEASA próximo a Av. Brasil. Os dados deste pluviômetro auxiliam no monitoramento da chuva em diversos bairros como Brás de Pina, Vicente de Carvalho, Rocha Miranda, Acari, Pavuna, Jardim América, Vigário Geral, Parada de Lucas, Cordovil e Vista Alegre.</p>
Download de Dados	
Início:	Janeiro 2015 
Fim:	Junho 2015 
Tipo:	Meteorológicos 
<input type="button" value="Download"/>	



Figura C2 - Etapa para obtenção dos dados de temperatura e umidade relativa do ar no sítio do Alerta Rio: (a) Primeiro passo. (b) Segundo Passo. (c) Terceiro Passo

Após fazer o *download*, os dados serão mostrados como demonstrado na figura C3.

Relatório Meteorológico da Estação: Alto da Boa Vista

Dados normalizados para o Horário Brasileiro de Verão (HBV)

Dia	Hora	HBV	Chuva	DirVento (graus)	VelVento (m/s)	Temperatura (celsius)	Pressao (hPa)	Umidade (%)
01/12/2014	00:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	91
01/12/2014	00:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	92
01/12/2014	00:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	92
01/12/2014	00:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	92
01/12/2014	01:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	93
01/12/2014	01:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	01:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	94
01/12/2014	01:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	02:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	94
01/12/2014	02:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	94
01/12/2014	02:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	95
01/12/2014	02:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	95
01/12/2014	03:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	95
01/12/2014	03:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	94
01/12/2014	03:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	03:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	04:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	04:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	04:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	93
01/12/2014	04:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	93
01/12/2014	05:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	93
01/12/2014	05:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	92
01/12/2014	05:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	93
01/12/2014	05:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	93
01/12/2014	06:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	06:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	95
01/12/2014	06:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	96
01/12/2014	06:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	97
01/12/2014	07:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	97

Figura C3 - Série de dados de temperatura e umidade relativa do ar após o *download*.

Fonte : Alerta Rio



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

Investigação do Fenômeno Ilha de Calor Urbana Através da
Utilização da Placa Arduíno e de um Sítio Oficial de Meteorologia.

Alipson de Assis Melo dos Santos

Prof. Dr. Helio Salim de Amorim

&

Profa. Dra. Claudine Pereira Dereczynski

Material Instrucional associado à dissertação de mestrado de ALIPSON de ASSIS MELO dos SANTOS, apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro

Julho de 2016

1 Introdução

Em 1765 a máquina a vapor, aperfeiçoada pelo engenheiro escocês James Watt, passou a substituir a força animal e humana no funcionamento das máquinas industriais dando início ao período denominado revolução industrial que transformou toda a estrutura social da Europa. O processo de industrialização provocou um maciço deslocamento da população rural para as cidades em busca de trabalho nas fábricas e melhoras salariais originando o fenômeno da urbanização. A urbanização é considerada um símbolo do progresso e do desenvolvimento, porém, diversos estudos vêm apontando que ela é a principal responsável pela queda da qualidade de vida provocando alterações no meio ambiente.

Ao se comparar valores de temperatura do ar que ocorrem no meio urbano e no meio rural, durante um mesmo período, poderão ser observadas diferenças significativas. Os primeiros registros sobre diferenças de temperatura entre o meio urbano e rural foram feitos por Luke Howard em 1833 que publicou um estudo sobre o clima de Londres e apontou um “excesso de calor artificial” nas cidades, mas foi apenas em 1960 que Gordon Manley definiu esse fenômeno como *ilha de calor urbana* [1]. As ilhas de calor urbanas (ICUs) são, hoje, tema de diversas pesquisas no Brasil e no mundo tratando-se, portanto, de um problema atual que tem influenciado cada vez mais a qualidade de vida das pessoas que moram nos centros urbanos.

Entre as causas do fenômeno estão o grande armazenamento de calor durante o dia devido às propriedades térmicas (condutividade térmica e capacidade térmica) dos materiais de construção utilizados nos ambientes urbanos com consequente re-emissão para a atmosfera durante a noite e diminuição do fluxo de calor latente devido ao aumento de superfícies impermeáveis [2]. Entre as formas de mitigar o fenômeno ICU pode-se citar a pintura de pavimentos com cores claras o que aumenta a refletância em 25% ou mais [3]. É também expressiva, e apoiada por uma grande comunidade de estudiosos, iniciativas de organizações não governamentais devotadas a difundir a proposta de se pintar os telhados das casas de branco, como a White Roof Project [4], de forma a diminuir a absorção direta de luz solar nos grandes centros urbanos.



Figura1: Fotos de asfaltos coloridos. (Fonte: <http://www.brasilengenharia.com/portal/construcao/1525-a-craft-engenharia-desenvolve-asfalto-colorido>)

Conhecimentos de Física, assim como de outras áreas como, por exemplo, geografia, meteorologia, biologia e até mesmo história são indispensáveis para a compreensão das causas e efeitos das ICUs. O estudo desse fenômeno é, portanto, pedagogicamente rico e não apenas por ser interdisciplinar, mas por ser contemporâneo e estar presente no cotidiano dos estudantes e, além disso, é uma excelente oportunidade para conscientizá-los sobre as graves questões ambientais que nos afetam diretamente. A própria Constituição Federal Brasileira, em seu artigo 225, dispõe que o meio ambiente é um bem de uso comum do povo e um direito de todos os cidadãos, das gerações presentes e futuras, estando o poder público e a coletividade obrigada a preservá-lo e a defendê-lo. A escola, como principal órgão responsável pela difusão do conhecimento deve elaborar e pôr em prática projetos que conscientizem e estimulem os estudantes a preservar o meio ambiente.

Quanto aos aparatos experimentais propostos, tratam-se de duas miniestações meteorológicas móveis, cujos abrigos são construídos em PVC [5]. As mini-estações têm por finalidade medir e armazenar dados de temperatura e umidade relativa do ar no meio urbano. A vantagem do PVC está em ser um material de baixo custo, de fácil acesso, durável, leve e que oferece boa proteção dos dispositivos eletrônicos localizados em seu interior contra a radiação solar, vento e chuva.

As atividades propostas permitem comprovar a ocorrência de ilha de calor urbana bem como caracterizá-la [6]. Essas atividades estão baseadas na metodologia da investigação [7] onde os estudantes deverão coletar dados, representá-los graficamente, analisá-los e oferecer suas conclusões. A escolha da metodologia está relacionada ao fato de que o ensino de Física pode, e deve contribuir para a formação de cidadãos autônomos, capazes de construir o próprio conhecimento, atuando criticamente na sociedade em que

vivem e o ensino por investigação é uma dessas metodologias que pode colaborar nesse sentido.

O professor poderá orientar seus alunos a construírem os gráficos no Excel por ser um editor de planilhas bastante conhecido e de fácil acesso. Os componentes eletrônicos utilizados neste trabalho, em especial a placa Arduíno [8], são pouco conhecidos pelos estudantes sendo este, portanto, um dos fatores estimulantes que poderá atrair as atenções, levando ao interesse pelas atividades desenvolvidas.

2 Materiais e Métodos.

2.1 Aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar com as miniestações meteorológicas.

A unidade de controle e armazenamento de dados para a miniestação meteorológica foi projetada a partir da placa Arduino Uno (REV 3). A placa Arduino é uma plataforma versátil para a prototipagem eletrônica, de *hardware* livre, baseada em um microcontrolador Atmel AVR, com várias portas de entrada e saída de dados, digitais e analógicos. O *software* de programação (IDE) é livre, baseado numa linguagem simples, derivada essencialmente da linguagem C/C++. Uma das grandes vantagens é a disponibilidade de uma grande quantidade de bibliotecas de programas, de acesso livre, que usadas como sub-rotinas facilitam a comunicação com os mais diferentes tipos de sensores. Devido a essa notável versatilidade como plataforma de controle e aquisição de dados, já existe uma extensa relação de trabalhos de aplicação da placa Arduino no ensino de Física e que podem ser encontrados na literatura da área [9,10,11].

Para as aplicações previstas para este trabalho, selecionamos um sensor com dupla função de temperatura e umidade relativa do ar. Usamos um módulo Grove baseado no sensor DHT11. Trata-se de um sensor digital de 8 bits com padrão de comunicação *one-wire*. Para a função de armazenamento de dados (datalogger) usamos um escudo (shield) para Arduino com cartão de memória tipo SD (SD CardShield). O modelo utilizado foi o V4.0 da Seeed Studio. Esse escudo tem, entre outras facilidades, dois conectores padrão Grove que constituem portas pré-formadas no padrão I2C e UART [11] e que facilita enormemente a conexão da placa Arduino com o sensor DHT 11. A conexão é feita assim por um cabo de quatro vias com terminais padrão Grove. Na Figura 2 mostramos o esquema de ligação. Como a miniestação foi projetada para a coleta contínua de dados no espaço urbano, por períodos de até 24 h, o sistema de alimentação é baseado em bateria selada de 12 VDC e 2,3 Ah. Para outras aplicações, é muito fácil introduzir um número maior de sensores de indicadores ambientais, já adaptados para a plataforma Arduino, tais como analisadores da qualidade do ar e sensores óticos para medir níveis de ultravioleta solar.

Segundo notas do fabricante, o sensor DHT11 usa como transdutores uma resistência elétrica sensível à umidade e um resistor semiconductor tipo NTC (Negative

Temperature Coefficient) para a temperatura. Esses sensores são fornecidos com calibração de fábrica, mas ao se construir mais de uma estação é interessante verificar se as leituras se correspondem quando colocadas simultaneamente num mesmo ambiente. Para o que se segue, a umidade relativa do ar (UR) é dada pela relação,

$$UR(\%) = (p_v/p_{vs}).100$$

onde p_v é a pressão de vapor e p_{vs} a pressão de vapor saturado na temperatura considerada. Como vemos, não se trata de uma medida da concentração absoluta de água no ar, mas a comparação entre a quantidade atual e a quantidade máxima que o ar poderia conter na temperatura em que se encontra.

O programa utilizado para a leitura dos sensores e armazenamento dos dados encontra-se no Anexo. Cópias eletrônicas do programa bem como maiores informações sobre a montagem do sistema de medida e armazenamento de dados, podem ser obtidas diretamente no sítio do MPEF (Mestrado Profissional em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRJ) [12]. A frequência de amostragem de dados pode ser alterada facilmente e, assim, adaptada a cada caso.

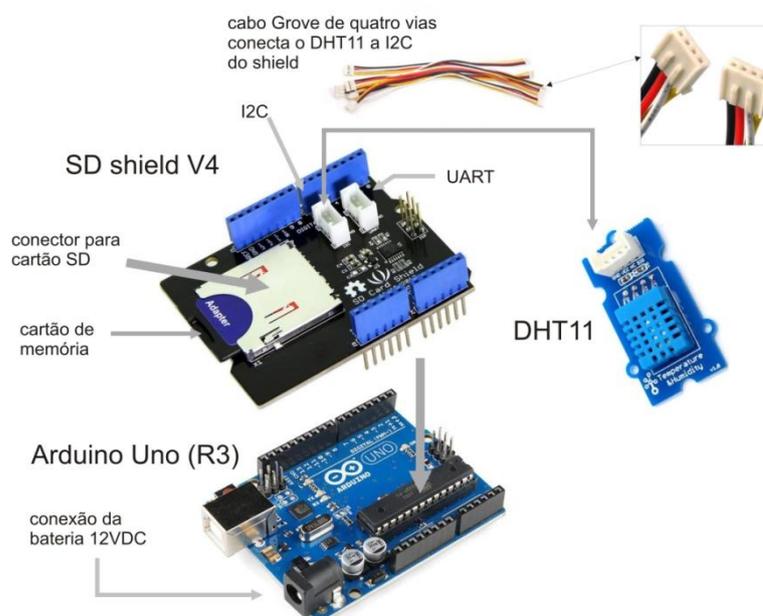


Figura 2– Representação esquemática da unidade de medida e armazenamento de dados da miniestação meteorológica. O SD shield é acoplado diretamente sobre a placa Arduino. O sensor DHT11 numa placa Grove é conectado na porta I2C via cabo de quatro vias padrão Grove.

2.2 Construção da miniestação meteorológica.

A miniestação meteorológica foi projetada para ser de fácil transporte, permitindo a instalação em diferentes pontos da cidade. O projeto é baseado em tubos e conexões de PVC. Trata-se de um material fácil de ser encontrado no comércio local, fácil de ser trabalhado, leve e resistente. O projeto engloba um abrigo para a Arduíno e sensores, e um pedestal para suportar o abrigo a uma certa distância do chão (cerca de 1,5 m). Na Figura 3 mostramos fotos detalhando a miniestação meteorológica pronta para uso. Um pequeno texto foi preparado, com a relação de todo o material utilizado, com os detalhes de montagem e pode ser obtido diretamente no sítio do MPEF [12].

Na Figura 3 vemos a miniestação: é formada por uma peça de tubo de PVC (linha branca usada para redes de esgoto) com 140 mm de comprimento e 100 mm de diâmetro externo (Ia). Na cobertura usamos um terminal de ventilação (Ib) próprio para tubos de 100 mm. Com este terminal facilitamos a circulação de ar e evitamos a incidência direta de luz solar e entrada de chuva. No topo do terminal de ventilação colocamos um parafuso de latão de 3/8 in (Ic) e porca borboleta para a fixação de um prato descartável de plástico (Id) com a função de guarda sol. No interior, fixamos diretamente na parede do tubo a placa Arduíno e o SD *shield* (Ie) através de três parafusos (latão, 1/8 in), aproveitando o esquema de furos da placa Arduíno. O sensor DHT 11 (If) é fixado no interior de uma segunda peça de tubo de PVC branco de 60 mm de comprimento e 40 mm de diâmetro externo (Ig). Esse tubo serve como uma segunda linha de proteção do sensor contra a incidência de luz direta e radiação infravermelha. O tubo é recoberto com papel de alumínio para aumentar a refletividade da superfície. Esse conjunto menor é fixado na parede interna do abrigo com auxílio de uma cantoneira (Ih) de metal e parafusos.

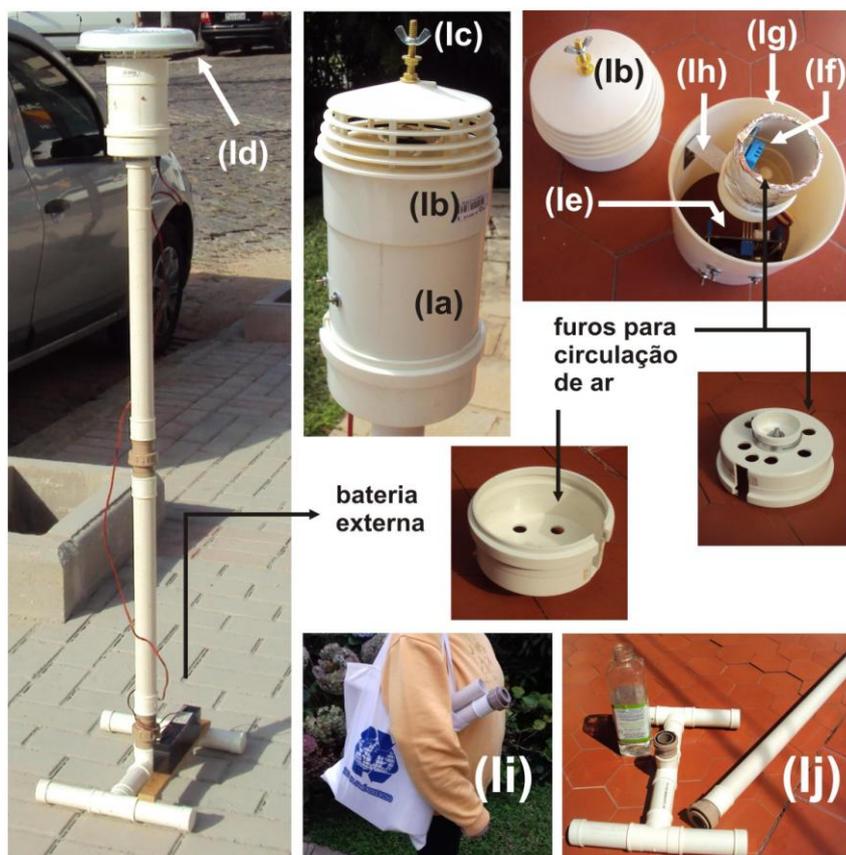


Figura 3 – Miniestação meteorológica montada e detalhes da construção do abrigo. Os índices estão descritos no texto.

O pedestal é composto de duas partes de tubo de PVC branco de 40 mm, que se conectam através de uma união roscável de 32 mm em PVC marrom. Essa articulação foi pensada para favorecer o transporte da miniestação para os locais de estudo (Ii). Pelo mesmo motivo, a base do pedestal também é independente e se conecta com o pedestal através de uma união roscável de 32 mm. A base é construída de tubos e conexões de PVC branco de 40 mm. Essa facilidade também permite que a base possa ser preenchida com água (Ij), ou areia lavada, concorrendo para a maior estabilidade mecânica do sistema. A extremidade do pedestal finalizada com uma tampa própria para tubos 100 mm. O abrigo é encaixado nessa tampa aplicando-se uma leve pressão.

No planejamento da miniestação procuramos seguir as recomendações da norma ISO 7726 (1998) na parte que versa sobre a construção de abrigos meteorológicos para uso em áreas urbanas [13], mas não houve uma preocupação de adequação absoluta às normas uma vez que os dados a serem medidos não se destinam à

aplicações comerciais e sim à análises comparativas. Todos os testes informais realizados indicam que as medidas de temperatura do ar feitas na miniestação são representativas da camada de ar na faixa em que se encontra o sensor DHT11 (~ 1,5 m).

2.3 Procedimentos para Aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar no Sítio Eletrônico do Alerta Rio

Para obter os dados de temperatura e umidade relativa do ar no sítio do Alerta Rio faça o seguinte: primeiro acesse a Home Page do sítio mostrada na figura 4.

Alerta Rio
Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro

Info Dados Radar Alertas Notícias Previsão Escorregamentos

Tempo Real

Pluviométricos • Meteorológicos

Mês Anterior • Dia Anterior • Acumuladas Mensais • Maiores Chuvas • Tempo Real

Tabela de Dados - Mapa de Chuvas

Última Atualização: 12:05 - 20/01/2016 - Horário Brasileiro de Verão

Nº	Estação	Hora Leitura	15 min	1 h	4 h	24 h	96 h	No Mês
1	Volpi	12:00	0.0	0.2	0.2	20.8	26.8	150.4
2	Unca	12:00	0.6	0.8	0.8	12.4	19.2	156.8
3	Rosina	12:00	0.0	0.2	0.2	2.0	6.4	94.2
4	Tijuca	12:00	0.0	0.4	0.6	15.8	24.8	174.6
5	Santa Teresinha	12:00	0.2	0.4	0.4	11.0	20.6	155.6
6	Copacabana	12:00	0.0	0.0	0.4	12.0	21.0	140.4
7	Grajaú	12:00	0.0	0.0	0.0	16.2	28.0	161.8
8	Isla do Governador	12:00	0.0	0.2	0.2	4.4	12.6	162.2
9	Penna	12:00	0.0	0.0	0.0	12.2	30.4	142.6
10	Madureira	12:00	0.0	0.0	0.0	15.0	31.4	223.0
11	Inglá	12:00	0.0	0.0	0.0	16.0	29.6	199.6
12	Bangu	12:00	0.0	0.0	0.0	10.0	34.0	204.8
13	Rede de	12:00	0.0	0.0	0.0	12.4	26.6	173.6
14	Jacarepaguá/Tanque	12:00	0.0	0.0	0.0	25.4	38.4	167.6
15	Saúde	12:00	0.0	0.0	0.0	10.8	18.0	131.8
16	Jardim Botânico	12:00	0.0	0.2	0.2	17.8	25.2	161.8
17	Barra/Barrinha	12:00	0.2	0.4	0.4	34.6	48.8	234.4
18	Jacarepaguá/Cidade de Deus	12:00	0.0	0.0	0.4	23.4	31.8	177.4
19	Barra/RioCentro	12:00	0.0	0.0	0.0	14.4	49.4	186.0
20	Guaratiba	12:00	0.0	0.0	0.0	10.6	32.6	203.8
21	Est. Grajaú/Jacarepaguá	12:00	0.4	0.6	1.6	31.6	45.4	336.2
22	Santa Cruz	12:00	0.0	0.0	0.0	6.2	17.4	156.8
23	Grande Méier	12:00	0.0	0.0	0.0	15.4	29.8	130.4
24	Anchieta	12:00	0.0	0.0	0.0	28.8	45.8	218.0
25	Grota Funda	12:00	0.0	0.0	0.0	13.2	30.2	287.4
26	Campo Grande	12:00	0.0	0.2	0.4	6.6	25.8	201.6
27	Sepetiba	12:00	0.0	0.0	0.0	4.2	14.4	127.2
28	Alto da Boa Vista	12:00	0.2	1.2	2.2	26.8	37.0	315.6
29	Av. Brasil/Mendanha	12:00	0.0	0.0	0.0	14.8	30.2	170.4
30	Recreio dos Bandeirantes	12:00	0.0	0.0	0.0	10.6	32.2	206.4
31	Laranjeiras	12:00	0.2	0.6	0.6	12.0	21.6	163.0
32	São Cristóvão	12:00	0.0	0.0	0.0	10.6	17.4	133.4
33	Tijuca/Muda	12:00	0.0	0.0	0.0	13.8	25.2	166.6

Situação Atual
Condição de Chuvas & Probabilidade de Escorregamentos

Condições de Chuva

Bacia de Guanabara	Normalidade
Bacia de Sepetiba	Normalidade
Barragem/Repagui	Normalidade
Zona Sul	Normalidade

Probabilidade de Escorregamento

Bacia de Guanabara	Baixa
Bacia de Sepetiba	Baixa
Barragem/Repagui	Baixa
Zona Sul	Baixa

NOVO - Aplicativo do Alertario

disponível no Google play
Download on the App Store

Últimas Notícias

- N36 - Estação pluviométrica da Penna encontra-se em manutenção
- N38 - Estação pluviométrica da Saúde encontra-se em manutenção
- N37 - Mudança para Estação de Atenção em todo Município as 17h55min do dia 15/01/2016
- N36 - Mudança para Estação de Atenção na Bacia Baía de Guanabara as 16h35min do dia 15/01/2016
- N35 - Mudança para Estação de Atenção na Bacia Baía de Guanabara as 17h25min do dia 14/01/2016

Search for:

Figura 4 - Home Page do Alerta Rio (<http://alerta.rio.rj.gov.br/>).

Já na Home Page do sítio coloque, com o mouse, a seta sobre dados e em seguida click em meteorológicos. A seguir escolha o bairro de sua preferência e click sobre ele. Para finalizar o processo escolha o período a ser investigado, logo abaixo escolha dados meteorológicos e faça o *download*. A figura 5, através dos passos a, b e c, mostra todo esse procedimento.

(a)

Alerta Rio
Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro

Info **Dados** Radar Alertas

Tempo Real

Pluviométricos • Meteorológicos

Mês Anterior • Dia Anterior • Acumuladas Mensais • Maiores Chuvas

Tabela de Dados – Mapa de Chuvas

Última Atualização: 12:05 - 20/01/2016 - Horário Brasileiro

N°	Estação	Hora Leitura	15 min	1 h
1	Vidigal	12:00	0,0	0,2
2	Urca	12:00	0,6	0,8
3	Boisite	12:00	0,0	0,2

(b)

Alerta Rio
Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro

Info Dados Radar Alertas

Meteorológicos

Pluviométricos • Meteorológicos

Última Atualização: 15:35 - 21/01/2016 - Horário Brasileiro de Verão

Últimos Dados Meteorológicos							
N°	Estação	Hora	Direção Vento (graus)	Velocidade Vento (Km/h)	Temperatura (celsius)	Pressão (hPa)	Umidade (%)
11	Irajá	15:30	-	-	26,7	-	67,1
16	Jardim Botânico	15:30	-	-	27,4	-	71,8
19	Barra/Riocentro	15:30	-	-	27,1	-	79,1
20	Guaratiba	15:30	266,5	18,0	25,6	1007,8	80,9
22	Santa Cruz	15:30	-	-	28,4	-	70,1
28	Alto da Boa Vista	15:30	-	-	21,8	-	100,0
32	São Cristóvão	15:30	297,0	6,4	26,0	1007,2	71,5

(C)

Meteorológicos

Pluviométricos • Meteorológicos

Estação: Irajá - 11

Foto	Descrição
	 <p>Número: 11 Nome: Irajá Bacia: Baía de Guanabara Endereço: Ceasa - Av. Brasil, 19001 Latitude: -22,826944 Longitude: -43,336944 Data da Instalação: 01/01/1997 - 12:09 Ativa: Sim</p> <p>Está localizada no CEASA próximo a Av. Brasil. Os dados deste pluviômetro auxiliam no monitoramento da chuva em diversos bairros como Brás de Pina, Vicente de Carvalho, Rocha Miranda, Acari, Pavuna, Jardim América, Vigário Geral, Parada de Lucas, Cordovil e Vista Alegre.</p>
Download de Dados	
Início:	Janeiro 2015 
Fim:	Junho 2015 
Tipo:	Meteorológicos 
<input type="button" value="Download"/>	



Figura 5 - Etapa para obtenção dos dados de temperatura e umidade relativa do ar no sítio do Alerta Rio: (a) Primeiro passo. (b) Segundo Passo. (c) Terceiro Passo

Após fazer o *download*, os dados serão mostrados como demonstrado na figura 6.

Relatório Meteorológico da Estação: Alto da Boa Vista

Dados normalizados para o Horário Brasileiro de Verão (HBV)

Dia	Hora	HBV	Chuva	DirVento (graus)	VelVento (m/s)	Temperatura (celsius)	Pressao (hPa)	Umidade (%)
01/12/2014	00:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	91
01/12/2014	00:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	92
01/12/2014	00:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	92
01/12/2014	00:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	92
01/12/2014	01:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	93
01/12/2014	01:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	01:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	94
01/12/2014	01:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	02:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	94
01/12/2014	02:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	94
01/12/2014	02:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	95
01/12/2014	02:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	95
01/12/2014	03:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	95
01/12/2014	03:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	94
01/12/2014	03:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	03:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	04:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	04:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	04:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	93
01/12/2014	04:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	93
01/12/2014	05:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	93
01/12/2014	05:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	92
01/12/2014	05:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	93
01/12/2014	05:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	93
01/12/2014	06:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	94
01/12/2014	06:15:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	95
01/12/2014	06:30:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	96
01/12/2014	06:45:00	HBV	0.0	ND	ND	21.3	ND	97
01/12/2014	07:00:00	HBV	0.0	ND	ND	21.5	ND	97

Figura 6 - Série de dados de temperatura e umidade relativa do ar após o *download*.

Fonte : Alerta Rio

3.0 Orientações para a Aplicação da Metodologia.

Antes da coleta de dados os estudantes, em grupo, podem responder a um questionário elaborado pelo professor com perguntas básicas relacionadas ao tema, como no exemplo a seguir.

- 1- As temperaturas que ocorrem, geralmente, nos centros urbanos e nas áreas rurais, durante um mesmo período, são iguais? Justifique.*
- 2- O que são ilhas de calor urbanas?*
- 3- Quais conhecimentos de física são necessários para a compreensão do fenômeno?*
- 4- Como poderíamos investigar as ilhas de calor urbanas e quais dados seriam importantes coletar?*
- 5- Suponha que você fosse convidado a elaborar o plano diretor (instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana) de um município. Quais providências você tomaria, no sentido de amenizar o problema das ilhas de calor urbanas?*

O objetivo do questionário é obter informações sobre alguns conhecimentos prévios a respeito do tema e também despertar a curiosidade. Após analisar as respostas com a própria turma o professor pode dar uma breve explicação sobre o fenômeno e orientá-los a fazerem uma pesquisa em artigos, dissertações de mestrado e teses de doutorado disponíveis na internet, por exemplo. O questionário não precisa ser exatamente este, aliás, o professor poderá criar outros métodos para buscar incentivar e despertar nos estudantes o espírito investigativo. Nesta mesma aula o professor pode apresentar as miniestações aos seus alunos explicando como montá-las e também sobre o processo de funcionamento dos dispositivos eletrônicos. Antes do início das atividades de coleta de dados é muito importante também mostrar aos estudantes que há uma questão-problema a ser investigada. Se o comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar em duas áreas com características distintas são iguais ou diferentes e que fatores poderiam influenciar esta diferença.

Os alunos podem participar da escolha dos locais que serão investigados, no entanto, é preciso orientá-los a respeito dessa escolha. De preferência os locais para a instalação das miniestações devem estar aproximadamente à mesma altitude e sobre um mesmo tipo de superfície para que os efeitos da ilha de calor sejam mais precisos. Caso este cuidado não seja tomado deve-se então levar em conta a influência desses fatores (altitude e tipo de superfície) na análise dos resultados.

Importante que o professor estimule seus alunos a formularem hipóteses para que estas possam ser confrontadas com os resultados experimentais. Esta ação levará a uma discussão enriquecedora, promovendo assim a autonomia dos estudantes.

Nas duas atividades que serão propostas aconselhamos que cada aluno construa todos os gráficos. Após a construção dos gráficos os grupos então se reúnem e analisam os resultados. Os gráficos de um único integrante é então eleito para representar o trabalho do grupo na apresentação final para a turma.

A contextualização poderá ocorrer em diversos momentos ao se relacionar conhecimentos de física às causas e aos efeitos do fenômeno. Por exemplo nas áreas urbanas há a impermeabilização da superfície com concreto e asfalto, materiais esses que possuem, relativamente, baixo calor específico podendo sofrer rápidas variações de temperatura, porém, devido ao grande acúmulo de massa desses materiais nas áreas urbanas eles acabam possuindo alta capacidade térmica o que os permite absorver e reter uma grande quantidade da radiação de onda curta que é posteriormente liberada na forma de calor (radiação de onda longa), principalmente a noite, mantendo as temperaturas da superfície e do ar na atmosfera da área urbana superiores às das áreas rurais. Devido à impermeabilização do solo com os materiais citados há um aumento do fluxo de calor sensível (calor que provoca variação de temperatura) nas áreas urbanas pois impedem a penetração de água no solo evitando que ela seja posteriormente evaporada. Já nas áreas rurais, onde não há impermeabilização do solo, a água penetra e é posteriormente evaporada havendo um aumento do fluxo de calor latente (calor que provoca as mudanças de fase da água) aumentando a umidade e amenizando o aquecimento. Como se sabe os conceitos de calor específico, capacidade térmica, calor sensível e latente e radiações de onda curta e de onda

longa são conhecimentos relacionados à física e ensinados em sala de aula e que estão sendo utilizados na compreensão da ilha de calor urbana, fenômeno que será investigado pelos estudantes.

Nas duas atividades cada aluno constrói todos os gráficos. Os grupos se reúnem e analisam os resultados, os gráficos de um único integrante do grupo é eleito por eles para representar o trabalho do grupo na apresentação final para a turma.

4.0 Atividades Didáticas.

4.1 Primeira Atividade Investigativa: Avaliando a formação de ilhas de calor urbana com o auxílio das miniestações meteorológicas.

Sob a supervisão do professor, os estudantes puderam participar da instalação dos equipamentos que, afinal, é bastante simples. O processo de funcionamento das miniestações também é muito simples. Ao conectar o Arduino à bateria dá-se início ao processo de coleta de dados pois o programa já foi previamente instalado na memória da placa.

Uma aplicação das miniestações meteorológicas foi feita no dia 11/12/2015 no período de 17:10:00 às 18:15:20 no bairro de Campo Grande na cidade do Rio de Janeiro. A turma foi dividida em 5 grupos com 4 alunos. Um integrante de cada grupo participou da montagem e da coleta de dados com as miniestações. As miniestações registraram dados de temperatura e umidade relativa do ar, a cada 20 segundos, em áreas distintas do bairro: Rio da Prata, uma área com grande presença de vegetação e solo descoberto e Arnaldo Eugênio uma área urbana com pouca vegetação, solo coberto por asfalto e com razoável movimentação de automóveis. A distância entre os pontos de coleta dos dados foi de aproximadamente 5 quilômetros. No dia da coleta o céu estava nublado e o vento soprava do quadrante sul com intensidade fraca. De posse dos dados cada grupo então tratou de construir, analisar e fazer suas conclusões.



Figura 7: Fotografia aérea da área investigada em Campo Grande onde foram feitas as medições, com a localização de Arnaldo Eugênio e Rio da Prata. Fonte: Google Maps

Alguns conceitos pouco explorados nos cursos de Termodinâmica para o Ensino Médio podem ser estudados nesta atividade tais como a umidade relativa do ar e o sentido físico das diferentes definições práticas do que venha a ser *sensação térmica* ou *temperatura aparente do ar*. A maneira como percebemos a temperatura do ar não depende apenas da medida objetiva da temperatura feita com o termômetro, mas de outros fatores meteorológicos como, por exemplo, a concentração de vapor de água no ar (umidade) e a velocidade do (vento). Nos últimos anos, devido aos extremos de temperatura que temos observado em nossas cidades, tem sido frequente a divulgação da temperatura e da temperatura aparente do ar, ou simplesmente sensação térmica, pelos noticiários. A diferença entre as duas tem se tornado cada vez mais familiar ao grande público, mas nem sempre acompanhada de considerações técnicas que esclareçam a diferença objetiva entre as duas. Há uma percepção geral, muito comum entre as pessoas, de que nos dias muito úmidos a sensação tanto de frio quanto de calor aumenta significativamente. Existem vários critérios para se definir a temperatura aparente do ar. Esses critérios envolvem vários aspectos que não caberiam ser discutidos aqui, mas um bom resumo sobre os vários problemas relacionados à questão da sensação térmica é encontrado em Lima (2012) em sua tese de mestrado apresentada ao MPEF [14]. Como apresentado por Lima, uma forma simples e significativa, e que pode ser aplicada nesta atividade, é o índice bioclimático (IDT) proposto por Thom [15]

comumente usado em estudos sobre o clima urbano. Esse índice oferece uma medida razoável do grau de desconforto para várias combinações de temperatura e umidade relativa do ar. Na estimativa do *índice de desconforto de Thom* (IDT), em graus Celsius, a seguinte equação é aplicada:

$$IDT (^{\circ}C) = T - (0,55 - 0,0055 \cdot UR) \cdot (T - 14,5), \quad (1)$$

onde T é a temperatura do ar ($^{\circ}C$) e UR é a umidade relativa do ar (%). Na caracterização do nível de desconforto térmico pode ser utilizada a classificação proposta por Giles [16] e apresentada na Tabela 1. Essa classificação foi criada para países no hemisfério norte, em zonas temperadas, e precisaria de uma adaptação para a região tropical, mas pode ser aplicada como uma primeira aproximação.

Tabela 1 – Classes do Desconforto Térmico

Faixas	IDT	Nível de desconforto térmico
1	$IDT < 21,0$	Sem desconforto
2	$21,0 \leq IDT < 24,0$	Menos de 50% da população sente desconforto
3	$24,0 \leq IDT < 27,0$	Mais de 50% da população sente desconforto
4	$27,0 \leq IDT < 29,0$	A maioria da população sente desconforto
5	$29,0 \leq IDT < 32,0$	O desconforto é muito forte
6	$IDT \geq 32,0$	Estado de emergência médica

Fonte: Giles [16]

4.1.1 Resultados Experimentais da Primeira Atividade

Na Figura 8 apresentamos o gráfico comparativo de temperatura do ar versus tempo para as localidades de Rio da Prata e Arnaldo Eugênio, incluindo as diferenças de temperatura entre elas. Usando o critério adotado por Gómez et al. [6] (ver Tabela 2), é possível classificar a intensidade da ilha de calor urbana. O gráfico mostra temperaturas mais altas na área urbana quando comparada com a zona de mata em todo o período observado. Além disso, observa-se uma queda gradativa na temperatura do ar em Rio da Prata à medida em que a noite se aproxima, o que não ocorre em Arnaldo Eugênio, acentuando assim a diferença de temperatura entre as duas localidades. Um dos fatores que influenciam nesse comportamento são os grandes estoques de calor armazenados no meio urbano nas vias e nas edificações quando comparados com as zonas com grande cobertura vegetal. Dessa forma, a

ilha de calor urbana que, no início da medição, estava fraca (diferença de temperatura entre 0 e 2°C) torna-se forte (entre 4 e 6 °C) apenas uma hora mais tarde (18 h). Tais questões são facilmente observadas com auxílio das miniestações e oferecem boas oportunidades de discussão com os alunos.

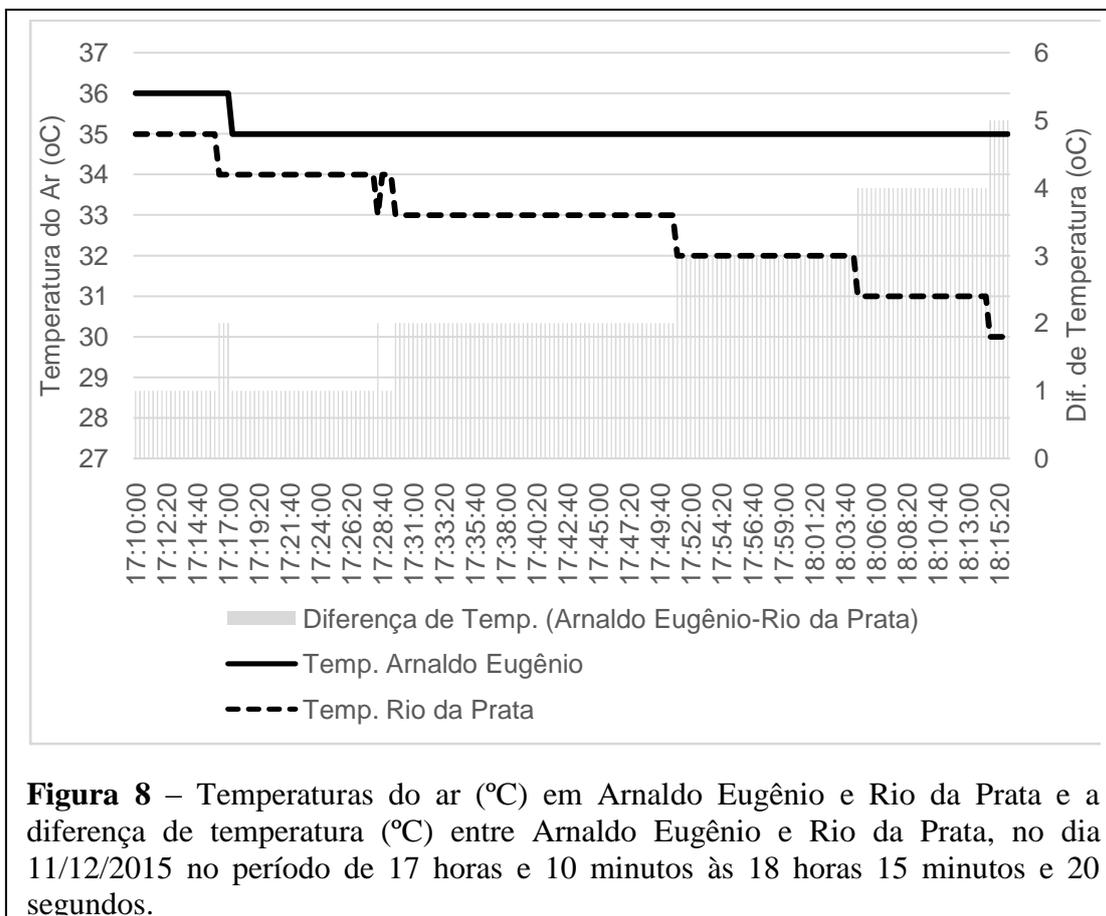


Figura 8 – Temperaturas do ar (°C) em Arnaldo Eugênio e Rio da Prata e a diferença de temperatura (°C) entre Arnaldo Eugênio e Rio da Prata, no dia 11/12/2015 no período de 17 horas e 10 minutos às 18 horas 15 minutos e 20 segundos.

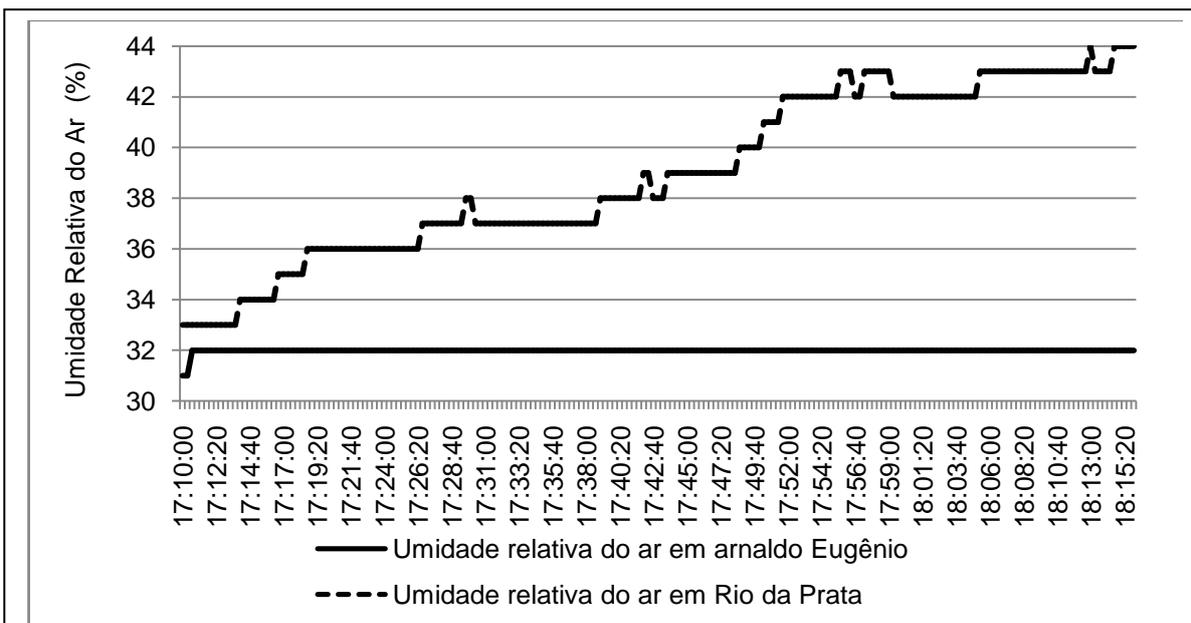
Tabela 2 - Classes de intensidade da ilha de calor urbana de acordo com diferenças de temperatura do ar entre duas localidades.

Classe de intensidade da ilha de calor urbana	Diferença de Temperatura do Ar (°C) entre as duas localidades
Fraca	0 - 2
Moderada	2 - 4
Forte	4 - 6
Muito Forte	>6

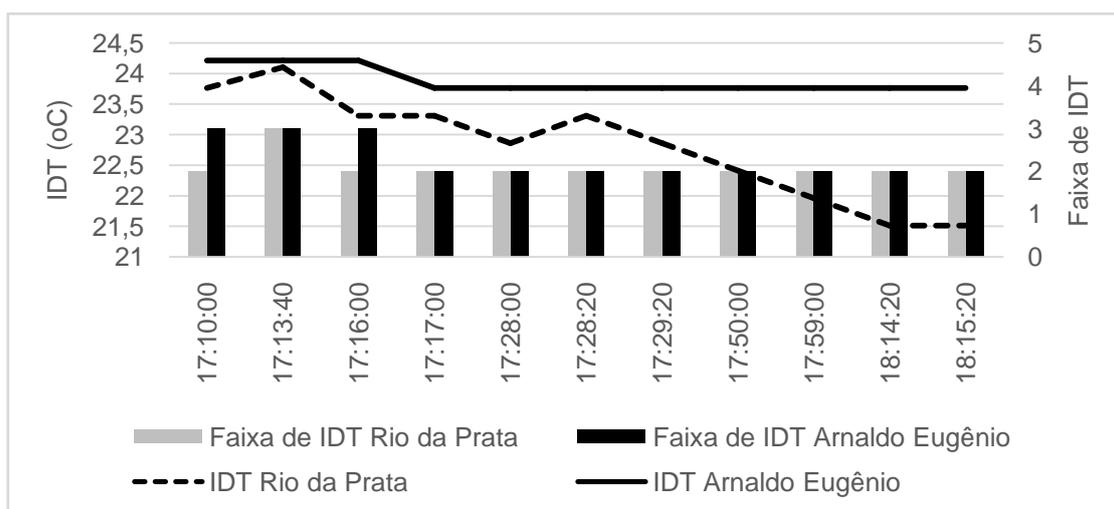
Na Figura 9 (a) mostramos o comportamento da umidade relativa do ar (UR) no mesmo período (11/11/2015 – entre 17:10 e 18:16 h). Vemos a persistência do índice UR na localidade em Arnaldo Eugênio e um aumento gradativo na localidade de Rio da Prata. Esse comportamento é consistente com o gráfico das temperaturas mostrado na Figura 5. Como sabemos, a umidade relativa do ar sofre influência da própria temperatura do ar. Se considerarmos a situação observada em Arnaldo Eugênio, vemos que a temperatura no período quase não variou e a UR, conseqüentemente, se manteve estável. Isso é esperado na medida em que não foram observadas mudanças na situação meteorológica sobre a cidade, tais como passagens de sistemas frontais por exemplo. Dessa forma a concentração de vapor de água (p.ex. gramas de água por metro cúbico de ar) se manteve estável. Se estendermos essa conclusão para a área de Rio da Prata concluímos que a tendência da UR é aumentar nesta localidade uma vez que ar mais frio tem menos capacidade de conter água sob a forma de vapor. Mantendo a concentração de vapor de água numa amostra de ar e abaixando a temperatura tendemos a um estado saturado (UR = 100%). Essa propriedade, relacionada ao tópico de Termodinâmica das mudanças de estado da matéria, é muito interessante de ser explorada com os alunos. Vemos agora uma condição atmosférica interessante que nos leva a especular sobre o comportamento do IDT: como esse índice leva em conta a UR qual seria a relação entre as duas localidades se consideramos o fator humano. Na Figura 6 (b) mostramos o IDT calculado (relação 1) e também as faixas de IDT para as duas localidades a partir dos dados de temperatura e UR. Podemos observar que ao longo do período analisado o IDT em Arnaldo Eugênio se mantém elevado (em torno de 22,8°C), enquanto em Rio da Prata ocorre um declínio, principalmente a partir de 16:28 h, quando o IDT cai de 23,3 °C para 21,5°C, o que sugere uma situação de menor desconforto nessa última localidade. Com relação as faixas de IDT nota-se que no início do período analisado predominam valores maiores em Arnaldo Eugênio (faixa 3 – mais de 50% da população sente desconforto) do que em Rio da Prata (faixa 2 – menos de 50% da população sente desconforto). A seguir, até o final do experimento as duas localidades situam-se na mesma faixa de IDT (faixa 2).

Antes da coleta de dados os estudantes haviam elaborado a hipótese de que na área com vegetação, ao anoitecer, a temperatura do ar sofreria rápidas reduções e na área

urbana, durante o mesmo período, as temperaturas do ar sofreriam grandes aumentos o que intensificaria a ilha de calor urbana. Ao analisar os gráficos eles perceberam que, ao anoitecer, houve uma tendência a manutenção das temperaturas do ar na área urbana, ou seja, elas permaneceram constantes por um período maior. Eles mostraram-se um pouco surpresos pois a hipótese inicial formulada era de que na área urbana as temperaturas do ar aumentariam.



(a)



(b)

Figura 9 – (a) Gráfico da umidade relativa do ar em Rio da Prata e Arinaldo Eugênio em 11/12/15 das 17 horas e 10 minutos às 18 horas 15 minutos e 20 segundos; (b) Gráfico comparativo do índice IDT respectivo.

4.2 Segunda Atividade Investigativa: Avaliando a formação de ilhas de calor urbana com o auxílio da base de dados do Sistema Alerta Rio.

Na realização da segunda atividade os mesmos grupos de estudantes que realizaram a primeira atividade são orientados a escolher dois bairros e um único mês do ano de 2015 para serem analisados. Eles então fazem o download dos dados de temperatura e umidade relativa do ar relativo aos bairros e ao mês do ano que escolheram. Esses dados estão disponíveis gratuitamente no sítio eletrônico do Alerta Rio. Toda a atividade n^o 2 (coleta, análise e conclusão) pode ser realizada pelos estudantes em suas próprias casas.

O Sistema Alerta Rio (SAR) da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro foi criado para monitorar eventos de chuvas intensas sobre a cidade com potencial de produzir desastres graves como inundações e deslizamentos de encostas. No sítio do SAR [17] são disponibilizados totais pluviométricos acumulados a cada 15 minutos em 33 estações espalhadas pelo município e também dados de temperatura e umidade relativa do ar registradas em 7 estações meteorológicas: Irajá, Jardim Botânico, Barra/Rio Centro, Guaratiba, Santa Cruz, Alto da Boa Vista e São Cristóvão. Para esta segunda atividade o fenômeno ilha de calor urbana foi estudado com base nas séries de dados de duas estações do SAR apresentadas na Figura 10. Os bairros escolhidos pelos estudantes foram Irajá e alto da Boa Vista. Irajá, um bairro de porte médio da cidade do Rio de Janeiro, com quase cem mil habitantes, muita circulação de automóveis, grande concentração de casas e edifícios e pouca vegetação e o Alto da Boa Vista, um bairro de classe média alta da zona norte da cidade com cerca de vinte mil habitantes, localizado no topo do maciço da Tijuca, onde se encontra o parque nacional da Tijuca, terceira maior floresta urbana do planeta.

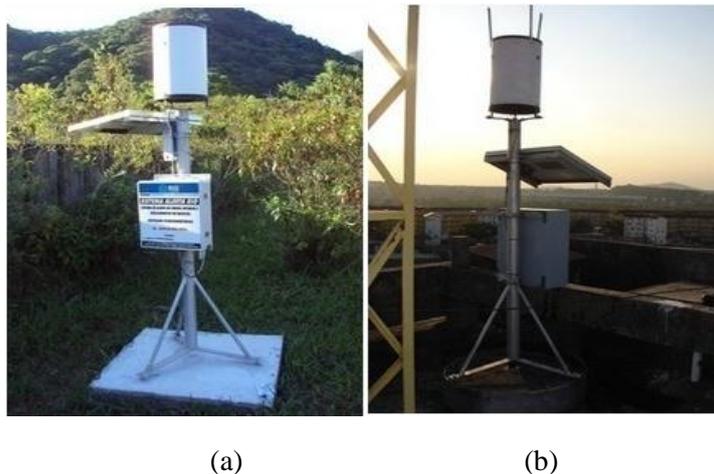


Figura 10 – Fotografias das estações meteorológicas automáticas do Sistema Alerta Rio, localizadas em (a) Irajá e (b) no alto da Boa Vista. Fonte: Alerta Rio.

4.2.1 Resultados da Segunda Atividade

Na Figura 11 mostramos uma comparação da temperatura do ar, nas duas localidades estudadas (Irajá e alto da Boa Vista), no período de 10 a 20 de setembro de 2015, no horário de 18:30 h.

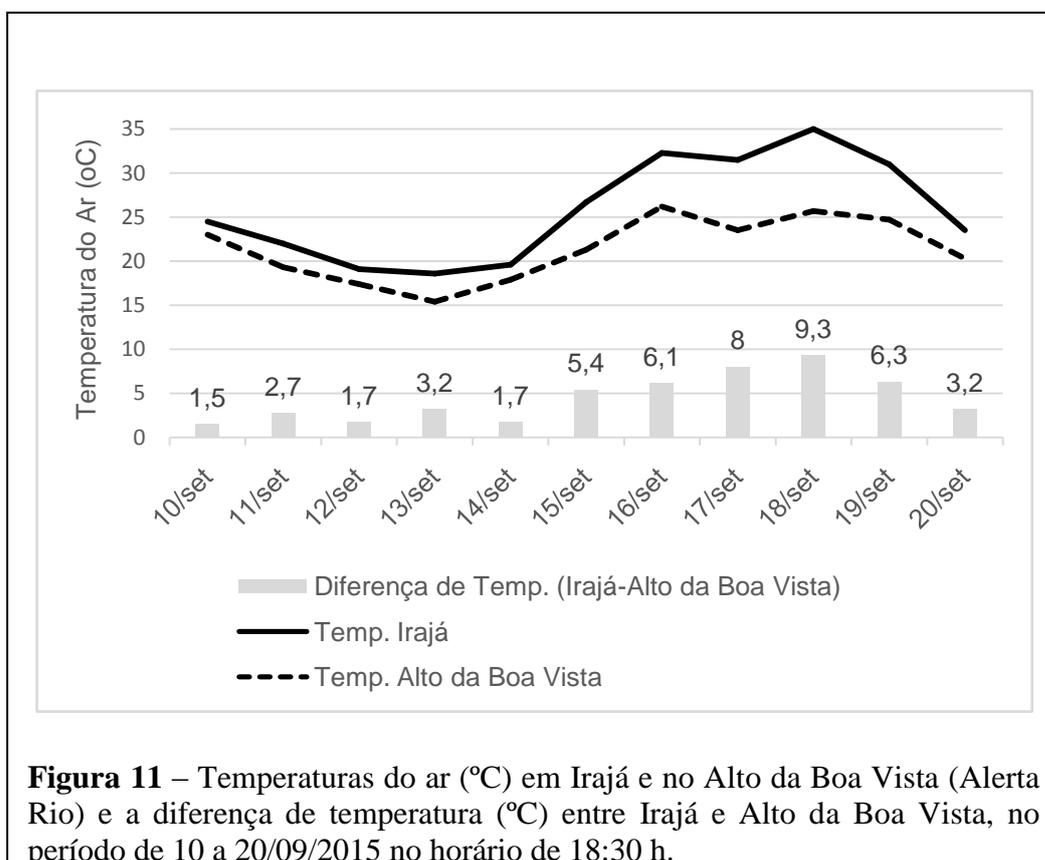
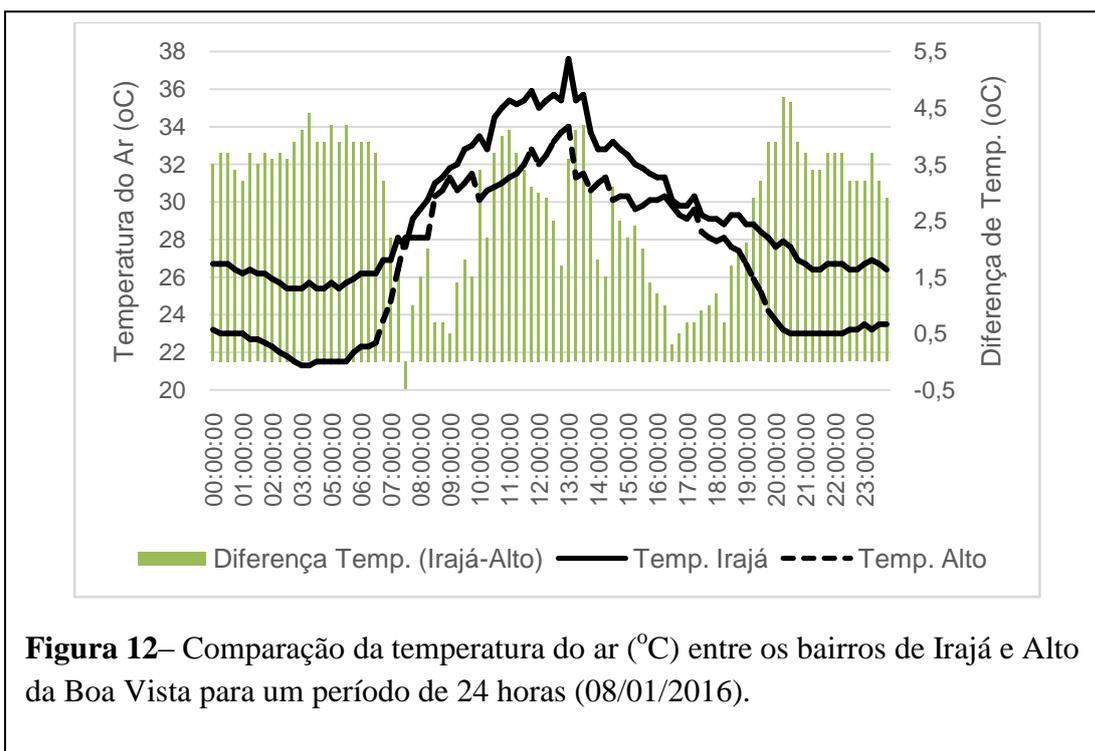
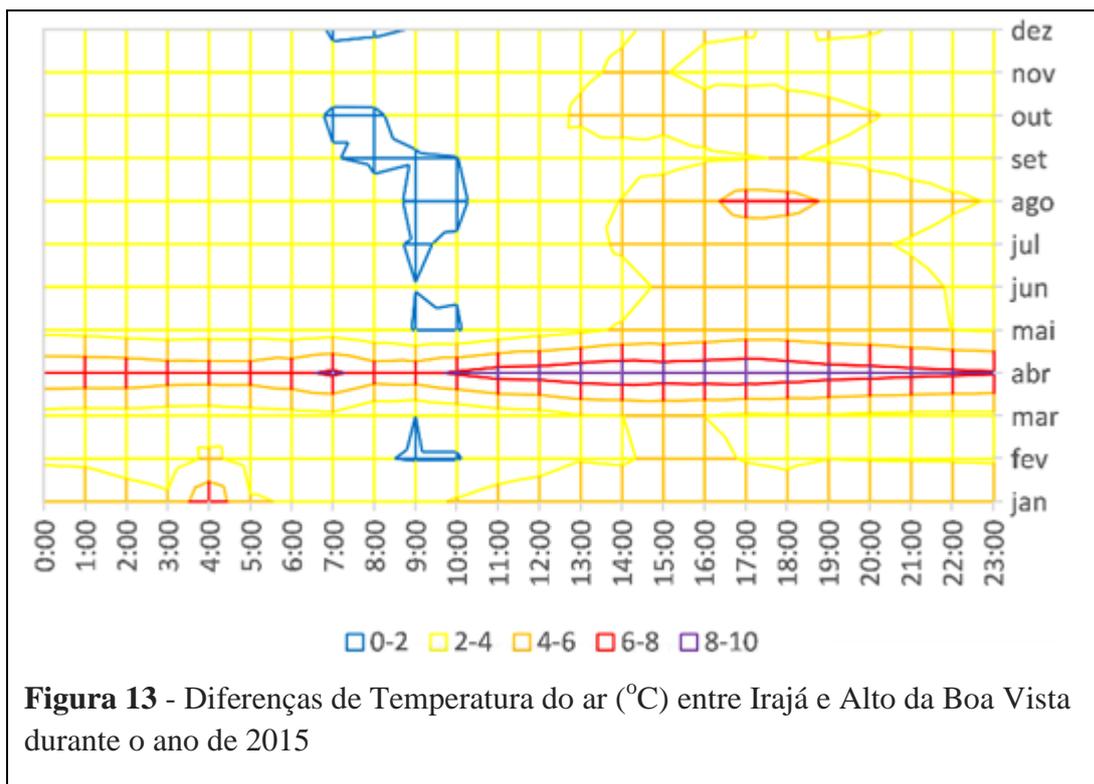


Figura 11 – Temperaturas do ar (°C) em Irajá e no Alto da Boa Vista (Alerta Rio) e a diferença de temperatura (°C) entre Irajá e Alto da Boa Vista, no período de 10 a 20/09/2015 no horário de 18:30 h.

Podemos observar diferenças de temperatura de quase 10°C entre as duas localidades no dia 18/09/15 no horário estudado (18:30 h). Uma outra comparação pode ser vista no gráfico da Figura 12 que cobre um período de 24 horas num dia em que tivemos grandes máximas de temperatura no verão de 2016. As diferenças de temperatura entre os dois bairros foram significativas ($\Delta T > 0$ em praticamente em todo o intervalo) e se mantiveram altas na madrugada (0h e 7h) e a noite (19h e 24h).



De posse dos dados de temperatura do ar a cada 15 minutos coletadas nas estações Irajá e Alto da Boa Vista do período de 01/01 a 31/12/2015 foram calculadas as médias mensais por horário para cada estação meteorológica e a seguir efetuou-se as diferenças de temperaturas (Irajá - Alto da Boa Vista) para apreciar o fenômeno da Ilha de Calor Urbana. Nesta atividade os alunos aprendem a coletar dados em sítios de meteorologia e a utilizar a planilha Excel. No gráfico da Figura 13 pode ser observado o comportamento da ICU em Irajá durante o ano de 2015. Notamos que o fenômeno ocorreu durante todo o ano (todas as diferenças são positivas), sendo mais intenso em abril e no período da tarde e início da noite.



5.0 Observações Finais.

Antes da utilização das miniestações, na primeira atividade, é importante fazer uma primeira coleta de dados com os equipamentos em um mesmo ambiente para se ter certeza que ambos estão calibrados. Nessa atividade a cada 20 segundos os sensores forneciam os respectivos valores de temperatura e umidade relativa do ar. Como o tempo de coleta não foi tão grande (cerca de 1 hora) todos os dados colhidos puderam ser inseridos nos gráficos para análise. Já na atividade 2, como a quantidade de dados era muito grande tivemos de adotar um critério. O critério adotado foi que apenas seriam analisadas as temperaturas nos dois bairros às 18:30 h e no período de 10 de setembro a 20 de setembro de 2015. Os critérios para análise poderão ser os mais diversos e o professor poderá dar liberdade a seus alunos para tal escolha.

Nenhum aluno tinha conhecimento prévio sobre construção de gráficos no Excel, eles aprenderam através de vídeo aulas na internet e através de orientação do professor durante a execução das atividades.

Um total de três aulas foram necessárias para a realização das atividades: 1 aula para apresentação do tema: 1 aula para coleta de dados e 1 aula para exposição das conclusões dos estudantes.

6.0 Conclusão

Nestas atividades os alunos participam ativamente e dispõem de muita liberdade para tomar decisões a respeito da coleta e análise dos dados, além de decidir sobre a melhor maneira de apresentar seus resultados. Para estudos mais rigorosos podemos usar o sensor DHT 22 que possui ampla faixa de medição, baixo custo e fácil integração com Arduíno.

Através da elaboração de gráficos os estudantes podem analisar o comportamento térmico do ar em áreas urbanas e rurais relacionando-o à respectiva umidade relativa. Por exemplo, ao analisar os gráficos das atividades propostas percebe-se facilmente que, ao anoitecer, podem ocorrer grandes diferenças na temperatura do ar das áreas com presença de vegetação e das áreas urbanas, intensificando a ilha de calor urbana. Através da pesquisa os estudantes poderão encontrar, facilmente, uma justificativa para esse fato.

As mini-estações meteorológicas possibilitam a investigação das condições atmosféricas em uma grande variedade de áreas que poderão estar próximas ou distantes entre si, inclusive no próprio meio urbano. Já os sítios de meteorologia, que geralmente possuem séries de dados antigos e atuais, possibilitam investigar a evolução das ilhas de calor urbanas.

A divulgação e o incentivo à utilização da placa Arduíno trará muitos benefícios às práticas educativas dos professores por oferecer riquíssimas oportunidades de contextualização através de vários projetos já existentes, muitos voltados para o ensino de física. Além da possibilidade de utilização de tais projetos, os professores e os alunos que se interessarem poderão conhecer mais profundamente as formas de se trabalhar com a placa Arduíno através, por exemplo, de diversos cursos *online* totalmente gratuitos. Assim eles poderão desenvolver seus próprios projetos para fins diversos, inclusive didáticos.

Verificou-se que uma prática investigativa contextualizada é fundamental para consolidar aprendizagens anteriores e ampliar as oportunidades para se adquirir novos conhecimentos pois os estudantes são estimulados a cada momento a analisar e tomar decisões acerca de informações que eles mesmos adquiriram. As atividades de investigação contribuem imensamente nesse sentido, proporcionando autonomia aos alunos e ao mesmo tempo promovendo a interação entre eles.

Este projeto foi aplicado em uma escola pública do estado do Rio de Janeiro, mostrando-se bastante promissor por oferecer uma oportunidade de se contextualizar e articular o ensino de Física com outras áreas do conhecimento, além de incentivar a autonomia e a interação dos alunos através da pesquisa, da coleta de dados e da análise de resultados.

Referências

- [1] G. Manley. On the Frequency of Snowfall in Metropolitan England. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 84: 70-72, (1958). DOI: 10.1002/qj.49708435910
- [2] T. R. Oke, Boundary Layer Climates. London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, (1978). <http://bayanbox.ir/view/669389353842442770/6/T.-R.-Oke-Boundary-Layer-Climates-Second-Editio-BookFi.org.pdf>
- [3] L. Gartland, Ilhas de calor como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 248 p., (2010).
- [4] Encontrado em <http://www.whiteroofproject.org/>
- [5] W.F.F. Roseghini, F.J. Castelhana. A utilização de Policloreto de Vinila (PVC) na Construção de Miniabrigos Meteorológicos para Aplicação em Campo. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.9, (2011). <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/27514/18333>
- [6] F. Gómez, N. Tamarit, J. Jabaloyes, Green zones, bioclimatics studies and human comfort in the future development of urban planning. *Landscape and Urban Planning* nº 55, p. 151–161, (2001).
- [7] M.C.P.S. Azevedo, Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: A.M.P. Carvalho (Org.) *Ensino de Ciências*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 19-33, (2004).
- [8] H.S. Amorim, M.A. Dias e V. Soares, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 38, n. 4, e 4501, (2016). <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0079>
- [9] M.A. Cavalcante, C.R.C. Tavoraro e E. Molisani, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.33, n. 4, 4503 (2011). <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v33n4/18.pdf>
- [10] L.R.M. Carvalho e H.S. Amorim, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n.3, 3501 (2014). <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v36n3/13.pdf>
- [11] A.R. Souza, A.C. Paixão, D.D. Uzêda, M.A. Dias, S. Duarte e H.S. Amorim, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.33, n. 1, 1702, (2011). <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v33n1/26.pdf>
- [12] http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2016_Alipson_Santos/.
- [13] R. Lamberts, A.A.P. Xavier, S. Goulart. Conforto e Stress Térmico, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Departamento de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina (2008). (www.labee.ufsc.br/sites/default/files/.../ECV4200_apostila%202011.pdf_2.pdf - último acesso 30/06/2016)

[14] E.C. Lima, Conforto térmico em residências como uma proposta de contextualização para o ensino de Termodinâmica no ensino médio. Rio de Janeiro, 2012. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2012_Eduardo_Couto/

[15] E. C. Thom (1959). The discomfort index. *Weatherwise*. v. 12, n.1, p. 57-60 (1959). <http://dx.doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>

[16] D.B. Giles, C. Balafouts, P. Maheras. Too Hot For Comfort: The Heatwaves in Greece in 1987 and 1988. *International Journal of Biometeorology*. v. 34, p. 98-104, (1990). <http://link.springer.com/article/10.1007/BF01093455>

[17] Sítio do Alerta Rio: <http://alertario.rio.rj.gov.br/>, último acesso em 31/05/2016.

Anexo

```
/*  
Programa para armazenamento de dados Temperatura (Celsius) e  
Umidade Relativa do ar (%) em cartão de memória tipo SD -  
Versão 1.0 de 27/08/2015.
```

Autores: Alipson Santos e Helio S. Amorim (MPEF - Mestrado Profissional em Ensino de Física - IF/UFRJ)

```
Baseado nos códigos,  
  `SD dataloggermemorycard  
created 24 Nov 2010  
modified 9 Apr 2012  
by Tom Igoe'  
e  
`Example testing sketch for various  
DHT humidity/temperature sensors  
  Written by ladyada, public domain'
```

O circuito:

```
* sensor digital DHT11  
* Shield SD card ligado ao SPI bus como se segue:  
** MOSI - pino 11  
** MISO - pino 12  
** CLK - pino 13  
** CS - pino 4  
*/  
  
#include <SPI.h>  
#include <SD.h>  
#include "DHT.h"  
  
#define DHTPIN A5  
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11  
  
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);  
  
const int chipSelect = 4;  
  
void setup() {  
  
  // Habilita a comunicação serial;  
  Serial.begin(9600);  
  Serial.print("Inicializando o cartão SD...");  
  
  // se cartão está presente ou pode ser inicializado:  
  if (!SD.begin(chipSelect)) {  
    Serial.println("Falha no cartão ou cartão não presente");  
    // não faça mais nada:  
    return;  
  }  
  
  Serial.println("cartão inicializado.");  
}
```

```

Serial.println("umidade relativa(%)    Temperatura (oC)");

// Abre o arquivo "datalog.txt"; você pode trocar o nome
deste
// arquivo segundo as suas necessidades;

File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

//Inicia escrevendo informações de controle; altere essas
//informações segundo suas necessidades;

dataFile.println("ABRIGO: 1"); // indique o abrigo usado;
dataFile.println("SENSOR: DHT11");
dataFile.println("PROGRAMA: Datalogger_temp_umidade_03");

//indique sempre a versão do programa que esta gerando os
dados;
dataFile.println("ULTIMA REVISAO DO SISTEMA: 18/06/2016");
dataFile.println("umidade relativa(%)    Temperatura (oC)");
dataFile.close();

dht.begin();

}

void loop() {

//Lê a temperature e a umidade relative(a leitura do sensor
//leva em torno de 250 milisegundos);

float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();

//Abra o arquivo "datalog.txt" e escreva os valores obtidos;

File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

//se o arquivo está aberto, escreva;
if (dataFile) {
dataFile.print(h);
dataFile.print("    ");
dataFile.println(t);
dataFile.close();

//escreva na porta serial também;
Serial.print(h);
Serial.print("    ");
Serial.println(t);
}

//Se o arquivo não abre dê uma mensagem de erro;

else {
Serial.println("erro ao abrir datalog.txt");
}
}

```

```
//período de amostragem (20s). Mude esse valor segundo suas  
//necessidades;  
  
delay(20000); }
```