



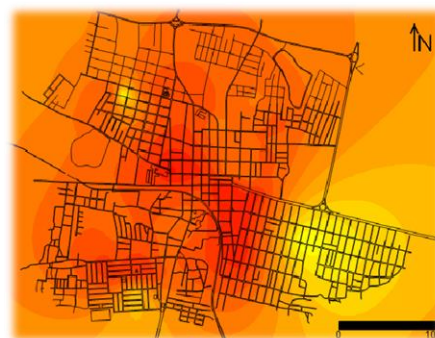
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



O CLIMA DA CIDADE DE CAUCAIA-CE SOB A PERSPECTIVA TERMODINÂMICA



JORGE RICARDO FELIX DE OLIVEIRA

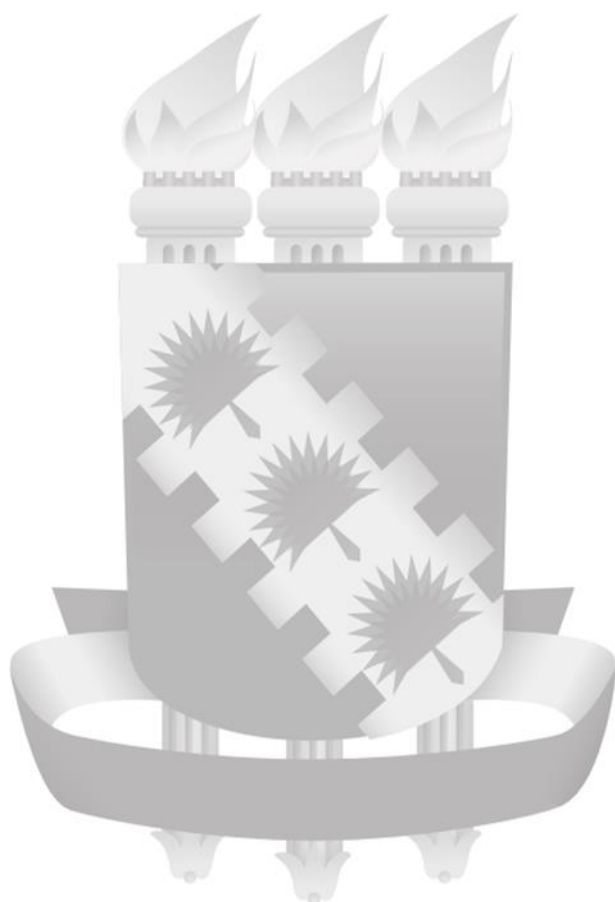


FORTALEZA - CEARÁ
2014



JORGE RICARDO FELIX DE OLIVEIRA

O CLIMA DA CIDADE DE CAUCAIA-CE SOB A PERSPECTIVA TERMODINÂMICA



Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de mestre. **Área de Concentração:** Dinâmica Ambiental e Territorial do Nordeste Semi-Árido. Linha de Pesquisa II: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Elisa Zanella.

FORTALEZA - CEARÁ

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- O47c Oliveira, Jorge Ricardo Felix de.
 O clima da cidade de Caucaia sob uma perspectiva termodinâmica / Jorge Ricardo Felix de Oliveira. – 2014.
 101 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação de Geografia, Fortaleza, 2014.
 Área de concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial do Nordeste Semi-Árido.
 Orientação: Profa. Dra. Maria Elisa Zanella.
1. Climatologia urbano. 2. Termodinâmica. I. Título.

CDD 910

JORGE RICARDO FELIX DE OLIVEIRA

O CLIMA URBANO DA SEDE MUNICIPAL DE CAUCAIA-CE SOBRE A PERSPECTIVA DO CANAL TERMODINÂMICO

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geografia na Área de concentração Dinâmica Territorial e Ambiental.

Data da Defesa: 05/12/2014

Banca Examinadora

Professora Dr^a. Maria Elisa Zanella (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará - UFC

Professora Dr^a. Marta Celina Linhares Sales

Universidade Federal do Ceará - UFC

Professora Dr^a. Margarete Trindade Amorim

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita” - UNESP

Dedicatória

Com esmero e gratidão, dedico à:

Minha Mãe;

Papai Dãozinho e Madrinha Maria (In memoriam).

Agradecimentos

À minha Mãe, Dona Vilomar. Pela atenção, cuidado e carinho todos esses anos de minha existência. Pois foram eles, essencialmente, que me deram sustentação para construção do meu eu, bem como a realização dessa etapa, da minha saga educativa.

À Professora Elisa Zanella, considerada como uma “Mãe” na academia dos saberes. Foi responsável por inúmeras descobertas na Geografia da Natureza. Com sua conduta extremamente atenciosa, me conduziu por saberes geográficos do clima, resultando na presente pesquisa. Muito Obrigado!

À querida Maria Felix (In memoriam). Pelo apoio material durante todos os anos escolares. Responsável por abrir chances de vivenciar os sonhos e o lúdico da vida.

Ao querido Alfredo Seaabra, mesmo longe cotidianamente, sua presença na labuta da criação da vida foi bastante marcante.

Aos queridos Seu João (Vovó Dãozinho) e Tio Marcos (in memoriam). Mesmo em dimensões distintas, as presenças na forma de memórias os tornam presentes pela caminhada da vida. Em nome deles, estendo o abraço o resto da família Felix de Oliveira.

À estimada Rafaela Silveira. Por seguir na caminhada recente da vida, com muito esmero e amor. O sabor e cheiro da sua companhia me conduz por campos de descobertas, conquistas e superações.

Aos grandes amigos Antônio Sávio, Gledson Magalhaes, Ricardo Matos, Rodrigo “Mossoró” e Tasso Ivo. Parceiros de diferentes datas, responsáveis por descobertas e aprendizados dentro e fora da Universidade. Gratidão!

Ao irmão, Tasso Ivo “Rasta”. Pela ajuda nos aprimoramentos e desenvolvimento da cartografia da pesquisa.

À Aline Araújo e Micheline, pela ajuda essencial nos trabalhos de campo. Em nome delas estendo o agradecimento ao Sr. João e a Adriana (ponto do Grilo), Carlinhos (ponto Itambé), Sra. Celeste e Sr. Assis (ponto do Planalto Caucaia) e ao Claudio (ponto do Parque Soledade).

A estimada Kelly Brown, pela força nos registros fotográficos.

Ao Fernando César (Bodó), pela força no transporte.

A querida Profa. Marta Celina! Minha primeira Mestra sobre o clima na Geografia. Em nome dela, agradeço ao Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos pelo espaço de formação de grupo na academia. Mesmo passando por cotidianos regados a diferentes opiniões. Foi esse grupo que descobrir como podemos ser aprendizes a geógrafos do clima e das águas.

À Professora Margarete Amorim, pela solicitude da sua atenção na minha temporada em Presidente Prudente - SP. Vivências e experiências essenciais que tive na vida! Pelo aprendizado e oxigenação das ideias. Em seu nome, estendo o agradecimento ao Laboratório GAIA da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita” – UNESP.

Também deixo um salve para todos que de alguma forma passaram nessa saga da pós-graduação, seria pretensão lembrar todos, mas assim sendo: Adriano e Renata, Prof. Estevan, Lindenberg (Baiano), Chicão, Cirso, Agnaldo, Karime, Tainá, Fernando Heck; Claudinei (Paçoca), Afonso, Gislene, Guthierre, Italo e Pedro (Campinas), Diego Salvador (Baiano), Cássia, Prof. Edson Vicente (Cacau), Dennis (Dentinho), Jucier, Camila, Iohanna, Yara, Jéssica, Prof. Arilson, Prof. Hélio, Prof. Marcelo, Profa. Isorlanda, Profa Carminha, Profa. Neide, Profa. Martha, Profa. Aldivia...

À CAPES pelo apoio financeiro na produção da pesquisa.

Epígrafe

*Uma faca
(a)atingiu a tarde:
o coração do sol
deixou de bater
len
ta
men
te.*

(Poema: A natureza morta. Por: Mauro Luis Iasi. Livro: Meta-amor-fases.)

Resumo

A relação da dinâmica da baixa atmosfera com os assentamentos urbanos passa a influenciar as trocas térmicas entre o Sol e a Terra produzindo transformações de energias muitas vezes percebidas de maneira negativa. Nesse sentido propomos um estudo do clima urbano, numa perspectiva termodinâmica, da sede municipal de Caucaia-CE, situada na Região Metropolitana de Fortaleza. Com objetivo de verificar as diferenças térmicas em dois períodos da quadra chuvosa cearense e a influência do uso e ocupação do solo nos atributos climáticos dos diferentes espaços intraurbanos. A pesquisa basicamente segue a proposta teórico-conceitual do Sistema Clima Urbano-SCU, com o subsistema termodinâmico (canal de percepção do conforto térmico) de MONTEIRO (1976, 2003). Em associação com a análise dos sistemas atmosféricos atuantes, foram realizadas medições com o transecto móvel e miniabrigos fixos em um perfil de 48hrs em dias representativos de Janeiro e Maio de 2014. Além disso, foi averiguada através de tratamento de imagem do satélite Landsat 8 (banda 10) como se comporta a temperatura de superfície para cidade. Pode-se evidenciar que os sistemas atmosféricos influenciem as características dos atributos climáticos considerados. Verificou-se que as temperaturas da superfície de maior valor foram encontradas na área central da cidade, em uma indústria, caracterizada pela ausência de vegetação, com telhados de fibrocimento. As medições com os miniabrigos instalados nos quintais das residências, mostraram a influência dos materiais construtivos no condicionamento das temperaturas e umidades. Nos experimentos realizados com os transectos móveis, de forma geral, encontramos uma pequena variação das temperaturas e umidades do ar, variando entre 1,3°C e 5% no verão; e 2,1°C com 13% no outono, sendo o centro o local com os maiores valores.

Palavras-chaves: Climatologia Geográfica; Clima Urbano; Ilha de Calor; Uso e Ocupação

Abstract

The relationship of the dynamics of the lower atmosphere to urban settlements becomes influence the thermal exchanges between the Sun and the Earth producing transformations of energy often perceived negatively. In this sense we propose a study of urban climate, a thermodynamic perspective, the municipal headquarters of Caucaia, Ceará, located in the Metropolitan Region of Fortaleza. In order to check the thermal differences in two periods of Ceará rainy season and the influence of land use and occupation in the climatic attributes of different spaces intraurbanos The survey basically follows the theoretical and conceptual proposal of the Urban Climate System-SCU, with the thermodynamic subsystem (perception channel thermal comfort) of MONTEIRO (1976, 2003). In association with the analysis of active weather systems, measurements were performed with the mobile and fixed transect mini-shelters in a 48hrs profile in representative days of January and May 2014. Furthermore, it was ascertained through satellite imaging Landsat 8 (Band 10) behaves surface temperature city. One can show that the weather systems influence the characteristics of climatic attributes considered. It was found that temperatures of greater value surface were found in the central area of the city, in an industry characterized by the absence of vegetation, with fiber cement roofs. The measurements with the mini-shelters installed in the yards of homes, showed the influence of building materials in conditioning temperatures and humidities. In the experiments with the mobile transects, in general, we find a small variation of the temperatures and humidities of air, ranging between 1.3 ° C and 5% in summer; and 2,1°C with 13% in autumn, and the center the location with the highest values

Keywords: Climatology Geographic; Urban climate; Heat Island; Use and Occupation

Lista de Figuras

Figura 01 - Carta de localização do recorte de estudo.....	15
Figura 02 - Representação esquemática de uma secção transversal genérica de uma ilha de calor urbano (OKE, 1978)	29
Figura 03 - Fluxograma esquemático sobre a metodologia da pesquisa.....	36
Figura 04 - Materiais para realização das medições móveis	40
Figura 05 - Localização do Percurso do Transecto Móvel e dos Miniarbrigos Fixos	41
Figura 06 - Materiais para as medições pontuais	42
Figura 07 - Mapa da divisão dos distritos de Caucaia de acordo com o ano de criação por lei	46
Figura 08 - Modelo Digital do Terreno de Caucaia.	50
Figura 09 - Atuação da ZCIT em maio de 2009.....	52
Figura 10 - Imagens de satélite mostrando os sistemas Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis – VCAN, Complexos Convectivos de Mesoescala – CCM e Linhas de Instabilidade – LI.....	53
Figura 11 - Imagem de satélite mostrando a atuação das Ondas de leste	54
Figura 12 - Características do oceano pacífico nos eventos de El Niño, La Niña e em condições neutras.	55
Figura 13 - Amostra da Zona Comercial, Industrial e Serviços; Densamente Construída; Vegetação Arbórea Dispersa	56
Figura 14 - Carta das Zonas de Uso e Ocupação da sede urbana de Caucaia-CE	57
Figura 15 - Amostra da Zona de Serviços e Residencial; Densamente Construído; Com Vegetação Arbórea Dispersa	58
Figura 16 - Amostra da Zona Institucional; Pouco construído; Predominantemente Verde.....	59
Figura 17 - Amostra da Zona Residencial; Densamente Construída; Sem ou Pouca Vegetação Arbórea	59

Figura 18 - Amostra da Zona Residencial; Densamente Construído; Com Vegetação Arbórea Dispersa	60
Figura 19 - Amostra da Zona Residencial; Densamente Construída; Com Vegetação Arbórea Concentrada.	60
Figura 20 - Amostra da Zona Residencial, Pouco construído; Predominantemente Verde.	61
Figura 21 - Amostra da Zona Área Verde; Sem Construções	61
Figura 22 - Carta Termal da sede urbana de Caucaia-CE.	64
Figura 23 - Compilação de cenas em realce do GOES 13 da atmosfera regional do Nordeste para os dias 23 e 24/Jan/2014.	67
Figura 24 - Imagens dos satélites GOES-13 e MSG nos dias 23 e 24/Jan/2014 às 20:45hrs(local).	68
Figura 25 - Mapa de Temperatura da Superfície do Oceano Atlântico - Média mensal de Jan/2014.	69
Figura 26 - Registros Fotográficos do Centro de Caucaia.....	71
Figura 27 - Transecto Móvel para o episódio de Verão às 06hrs de 23/Jan/2014.....	72
Figura 28 - Transecto Móvel para o episódio de Verão às 19hrs de 23/Jan/2014.....	72
Figura 29 - Local de instalação do miniabrigo no ponto Itambé.	78
Figura 30 - Local de instalação do miniabrigo no ponto Planalto Caucaia.	79
Figura 31 - Espacialização das temperaturas no dia 23 (Manhã e Noite)	80
Figura 32 - Condições Atmosféricas do Nordeste no dia 08/05/2014.	82
Figura 33 - Compilação Imagem GOES 13 para os dias 11 e 12/05/2014.	82
Figura 34 - Transecto Móvel para o episódio de Verão às 6hrs de 23/Jan/2014.....	84
Figura 35 - Transecto Móvel para o episódio de Verão às 19hrs de 23/Jan/2014.....	84

Lista de Gráficos

Gráfico 01 - Precipitação Anual de Caucaia-CE.....	51
Gráfico 02 - Associações de Temperatura do Ar entre os pontos de coleta nos dias 23 e 24/Jan/2014	76
Gráfico 03 - Associações de Umidade do Ar entre os pontos de coleta nos dias 23 e 24/Jan/2014	76
Gráfico 04 - Associações de Temperatura do Ar entre os pontos de coleta nos dias 11 e 12/Mai/2014.....	86
Gráfico 05 - Associações de Umidade do Ar entre os pontos de coleta nos dias 11 e 12/Jan/2014.....	86

Lista de Quadros

Quadro 01 - SCU- Articulações dos subsistemas segundo os canais de percepção.....	26
Quadro 02 - Funções da Vegetação no Espaço Urbano	31
Quadro 03 - População Residente no Município de Caucaia – 1991, 2000, 2010.	49
Quadro 04 - Síntese das características geoambientais do território de Caucaia-CE.	50
Quadro 05 - Emissividade na faixa espectral (8 - 14 μm) para materiais selecionados.	62
Quadro 06 - Taxa de Aquecimento Diurno e Resfriamento Noturno para o Episódio de Verão	78
Quadro 07 - Taxa de Aquecimento Diurno e Resfriamento Noturno para o Episódio de Outono	87

Sumário

01 - Introdução	14
02 – Referenciais teóricos na construção geográfica do clima urbano	19
2.1 – Urbanização e Degradação Ambiental nas Cidades: processos de artificialização da natureza e da paisagem.....	19
2.2 - Bases teóricas sobre uma teoria do clima: pilares brasileiros	21
2.2.1 - Climatologia Geográfica (Bases Monteirianas).....	22
2.2.2 - Geografia do Clima.....	23
2.3 - O Sistema Clima Urbano	25
2.3.1 O Clima Urbano e seu processo de retroalimentação negativa: as Ilhas de calor	28
2.4 – Estudos de clima urbano na região metropolitana de Fortaleza ...	31
03 – Materiais e Processos Metodológicos.....	35
3.1 - Caminhos Percorridos	35
04 – Ensaio sobre um olhar geográfico do clima urbano de Sede de Caucaia	45
4.1 - Processos históricos de formação territorial do Município	45
4.2 - O Tempo Longo: características geoecológicas do sítio urbano de Caucaia-CE.....	49
4.3 - Características Climáticas de Caucaia-CE	50
4.4 - O Tempo Curto: a estrutura urbana e os padrões de uso e ocupação.....	55
4.5 - Temperatura de Superfície para a sede urbana de Caucaia-CE.....	62
05 – Análise episódica sobre as características térmicas do clima urbano de Caucaia-CE.....	66
5.1 – Episódio de Verão – 23 e 24 de Janeiro de 2014.....	66
5.1.1 – Características dos sistemas sinóticos atuantes	66

5.1.2 - Características Termohigrométrica através de transecto móvel.	69
5.1.3 - Características Termohigrométrica através de medidas pontuais em residências.....	73
5.2 - Episódio de Outono – 08; 11 e 12 de Maio de 2014	81
5.2.1 - Características dos sistemas sinóticos atuantes	81
5.2.2 - Características Termohigrométrica através de transecto móvel.	83
5.2.3 - Características Termohigrométrica através de medidas pontuais em residências.....	85
06 - Conclusões Preliminares	90
07 - Referências Bibliográficas	93



INTRODUÇÃO



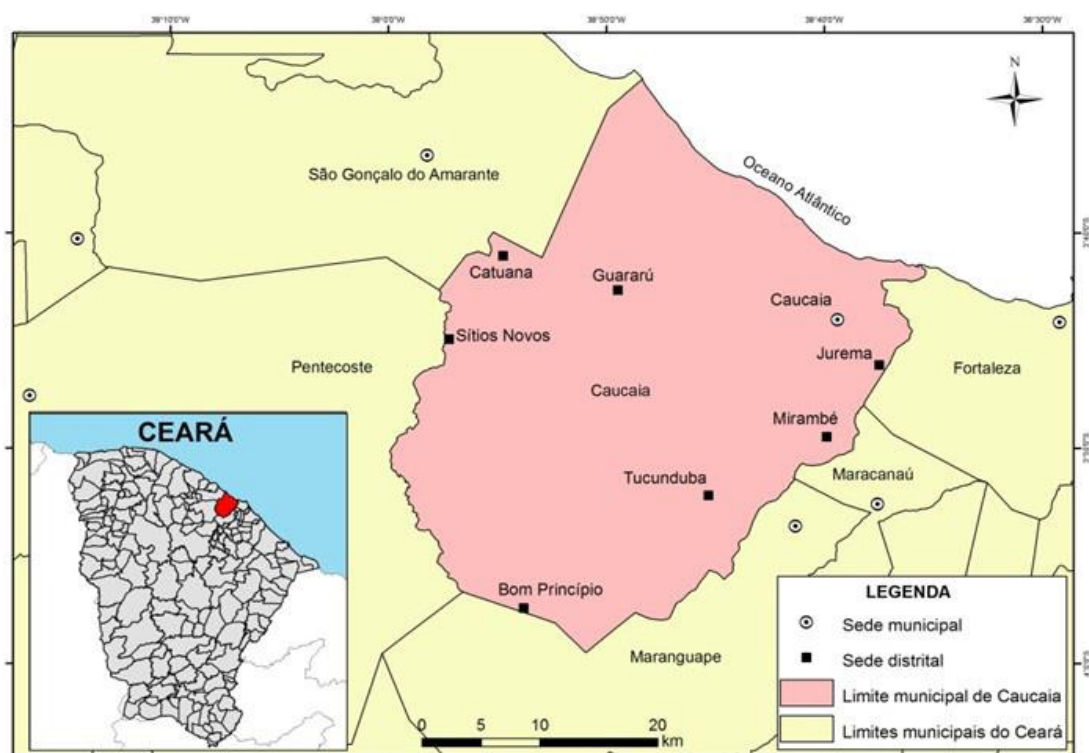
01 - Introdução

A relação da dinâmica da baixa atmosfera com os assentamentos urbanos influencia as trocas térmicas entre o Sol e a Terra, produzindo transformações de energias percebidas muitas vezes de maneira negativa. Os efeitos desses desequilíbrios causam diferenciações nas configurações espaciais, de caráter térmico e higrométrico, havendo a formação de Ilhas térmicas de escala vertical e horizontal. Sendo na cidade o lócus principal desse processo.

O fator climático, como parâmetro ambiental, muitas vezes é colocado em segundo plano no tocante as tomadas de decisões sobre a qualidade ambiental das cidades. Por exemplo, as regiões localizadas nas baixas latitudes apresentam durante o ano um intenso recebimento de radiação de ondas curtas e longas, havendo, por exemplo a ocorrência de altos índices ultravioletas durante o dia. Essas condições geram muitas vezes stress térmicos positivos por boa parte do ano. Por conseguinte, pesquisas relacionadas ao clima citadino, revelam que setores do Estado responsáveis pelo Planejamento Urbano, não consideram o balanço de radiação em seus diagnósticos. Este é um dos fatores fundamentais no controle das condições climáticas urbanas. Responsável pelos inputs de energia no clima urbano, quando modificado do seu estado de equilíbrio dinâmico, há a geração de inúmeros desequilíbrios em face de uma grande acumulação de energia, realizado, sobretudo, pelos materiais construtivos (asfalto, pavimentos, telhas, paredes de tijolos, concreto e etc.) que materializa as aglomerações urbanas.

A presente pesquisa almeja averiguar as principais características climáticas com o enfoque termodinâmico do principal núcleo urbano do distrito sede do município de Caucaia-Ceará (Figura 01). Este município está inserido da Região Metropolitana do Fortaleza-RMF, sendo ele o maior em nível de extensão territorial, medindo 1.228,51 Km². Devido a sua enorme área, a ocorrência das características geoecológicas da paisagem se dá de forma diversificada. Nele encontramos três geoambientes bem demarcados, apresentando, ao norte, a zona costeira, margeada por um extenso tabuleiro pré-litorâneo. Ainda é acrescido, pontualmente, por maciços residuais em contato com zonas de pediplanação ao extremo sul do município.

Figura 01 - Carta de localização da sede municipal de Caucaia-CE.
Fonte: Medeiros et al. (2012)



Pelo fato do município possuir parte do seu limite confrontante leste com Fortaleza, há historicamente intensos processos de fluxos de pessoas e mercadorias, gerando uma relação de conurbação com a metrópole. Destaca-se os setores de transporte e habitação como principal gerador de força motriz para esses processos, concebendo inúmeros aglomerados urbanos em Caucaia. Sendo assim, escolhemos nosso recorte de estudo a sede urbana de Caucaia, local de marco inicial de ocupação de seu território. Ressalva-se que segundo os limites oficiais considerados pela Prefeitura, a sede urbana é constituída centro urbano, localizado ao sul, e o Icaraí ao norte. Por isso, nesse trabalho considera-se como a sede urbana, o perímetro que compreende o centro urbano e os bairros contidos na periferia adjacente.

Chama-se atenção que ao nível de gestão sobre os parâmetros ambientais, o município apresenta em seu Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano - PDDU elementos voltados para o tratamento da qualidade ambiental urbana, dando atenção, sobretudo, para: ruídos, poluição atmosférica, intrusão visual e resíduos sólidos. Porém os atributos climáticos temperatura e umidade, são

negligenciados, deixando de lado a vegetação urbana, responsável pelo sombreamento nas vias de circulação

Nesse contexto, propomos o estudo do clima urbano para a cidade de Caucaia, tomando em consideração a necessidade de analisar as condições termodinâmicas como atributo para a qualidade ambiental, sendo o clima urbano um elemento a ser inserido em planos de gestão urbana.

Basicamente este trabalho teve como objetivo geral, analisar as diferenças térmicas em dois períodos distintos da quadra chuvosa cearense e a influência do uso e ocupação do solo nos atributos climáticos dos diferentes espaços intraurbanos da sede municipal de Caucaia - Ceará. Com isso, pode-se compreender a influência dos atributos geourbanos e geoecológicos nas variações termohigrométricas; averiguar a influência dos atributos geoecológicos e geourbanos no processo de geração do clima urbano da cidade; identificar espacialmente as diferenças termo-higrométricas e suas magnitudes, na escala microclimática, na área intra e interurbana da cidade.

Esta pesquisa está contida no eixo do Estudo do Clima Urbano na Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, considerando o canal termodinâmico, no âmbito do Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos – LCGRH. Ele está inserido na linha de pesquisa intitulada Climatologia Geográfica - reconhecida pelo Conselho Nacional – CNPQ.

A questão teórico-metodológica no estudo do clima urbano nos chamou atenção para conceber esta pesquisa, principalmente no trato metodológico no estudo climático de cidades de médio porte. Perpassamos por técnicas de pesquisa destinada ao tema, manuseando dados de fontes primárias através do trabalho de campo, e de fontes secundárias, com tratamento de imagens de satélites e geração de cartas sobre as características urbanas e geoecológica do recorte de estudo. Também utilizamos fotografias para melhor aproximar o leitor das características tipológicas que trataremos na análise da cidade e o uso e ocupação. Com intuito de evidenciar as diferenciações no tocante ao uso e ocupação da área de estudo.

O foco da pesquisa consiste em uma análise geográfica sobre o Clima Urbano. Ao considerarmos os cenários concebidos pela relação dinâmica entre ambiente atmosférico com a superfície urbana, especializado como “*concrete jungle*”, o Geógrafo é capaz de identificar os diversos processos que concebe a

o clima urbano. Nesse sentido, filosoficamente, o geógrafo possui acúmulos de vivências e experiências, capaz de trazer à tona elementos essenciais sobre a cidade e o clima produzido por ela.

Pretende-se empregar técnicas inéditas para o clima urbano das cidades metropolitanas de Fortaleza, afim que se possa oferecer análises detalhadas. Assim, o estudo do clima urbano para a cidade Caucaia é inédito até a produção dessa pesquisa.



CAPÍTULO 01:

***Referenciais teóricos na construção geográfica
do clima urbano***



02 – Referenciais teóricos na construção geográfica do clima urbano

Nosso objetivo nesta sessão da pesquisa, é de identificar temas e abordagens sobre a natureza a partir de uma matriz geográfica. Contudo, o tema proposto para o estudo – o clima urbano - requer também uma visão ampla, a nível dos diferentes saberes. Por isso, quando possível, foi inserido análises (técnicas) de outras áreas do conhecimento, como possibilidade de compreender o fenômeno numa perspectiva ampla, mas aprofundada.

Para alcançar as pretensões metodológicas da pesquisa sobre clima urbano, passou-se, inicialmente, por uma leitura sobre a transformação da natureza pelo o homem, tendo em vista o entendimento que a geografia estuda a relação entre natureza e a sociedade. O ponto de partida, no que concerne as linhas de pesquisas na ciência geográfica, foi a partir Climatologia Geográfica enquanto abordagem de investigação. Também se incorporou novas possibilidades de entendimento sobre o clima produzido no espaço urbano. De maneira ampla, esboçou-se um aprofundamento sobre a conjuntura atual na qual se encontra a sociedade e a ciência geográfica perante o estudo do clima das cidades.

Posteriormente, tratou-se de identificar alguns elementos que constitui o clima urbano, principalmente no tocante aos efeitos que o mesmo gera em uma cidade. Assim, definimos o conceito de ilha de calor e suas características em cidades de clima tropical, apontando questões relacionadas as urbes localizadas nas baixas latitudes. Por fim, situaremos o estado da arte sobre pesquisas relacionadas ao clima urbano na Região Metropolitana de Fortaleza.

2.1 – Urbanização e Degradação Ambiental nas Cidades: processos de artificialização da natureza e da paisagem

A força produtiva gerada pela industrialização concebe a cidade de forma acelerada, desrespeitando toda dinâmica dos elementos que compõe a natureza. Em consequência disso, surgem cenários de degradação ambiental dos mais diversos e, em locais espalhados por todo o globo, em função da transformação exacerbada da natureza em mercadoria. Este aviltamento da

natureza provoca efeitos negativos por onde os homens se aglomeram, como nos centros urbano-indústrias. Problemáticas relacionadas a qualidade da água e ar; poluição; desmatamentos; contaminação marinha, lacustre e fluvial; extinção de biotas; e etc., são exemplos dos constantes debates entre a mídia e a academia (MENDONÇA, 2004).

A urbanização, entendida de forma ampla, como movimento que concebe a materialidade da cidade, gera impactos ambientais devido, principalmente, ao aumento da concentração da população nas cidades em detrimento da área rural. Ponto-Gonçalves (2006) ao considerar a relação ordem-desordem do sistema terra-atmosfera e sua relação com os aglomerados urbanos, aponta para um aumento da entropia (desordem) do sistema, devido ao aumento quantitativo da população urbana, fazendo com que ocorram alterações espaciais a curto, médio e longo prazo de tempo. O autor afirma que “o crescimento das populações em aglomerados urbanos, não só aumenta exponencialmente a demanda por matéria e energia, mas, sobretudo, geram alterações espaço-temporais” (p. 192-193).

Então, o espaço urbano passa a ser concebido por meio da transformação da natureza. Nele evidencia-se uma estrutura de relações, dialeticamente complexa e historicamente determinada. Sendo esse espaço, de maneira geral, produzido através da relação metabólica entre o homem e a natureza (MOREIRA, 2012), gerando mudanças de formas através de adaptações. As adaptações, por sua vez, são formas construídas pelas necessidades de ordem social, sendo passível aos diversos interesses, resultado da dinâmica social (SERRA, 1987, p.73). Nesse sentido, vale salientar que na história das conversões de formas - de naturais para sociais – Moreira (2012, p.26) revela que:

O homem *humaniza* a natureza e a natureza *naturiza* o homem num movimento em que por meio da reorganização da paisagem pelo trabalho este hominiza a natureza, ao mesmo tempo que humaniza-se a si mesmo. Uma história, no fundo, de transformação recíproca e em caráter contínuo e permanente da natureza e do homem em sociedade, segundo cada contexto de recorte espacial na superfície terrestre.

O homem por intermédio, principalmente, do seu desenvolvimento técnico é capaz de, não só intensificar os processos naturais, como também produzir novos (SUERTEGARAY, 2004). Por conseguinte, como efeito materializado,

tudo o que nossas vistas alcançam, no âmago da cidade, passa por modificações. Assim a paisagem urbana se perfaz como sendo um misto entre o natural e o artificial. Santos (1988, p.23) alerta que “a marcha do mais natural ao mais artificial leva a que tenhamos mais e mais instrumentos de trabalho fixos e cada vez o domínio das técnicas se impõe”. Isto significa, que na transformação da paisagem, existe o acréscimo de matéria, fazendo com que as técnicas - utilizadas como meio de superar as forças da natureza – sejam ferramentas essenciais para geração de artificialidades.

Com efeito, a cidade revela um imbricado de processos subjetivos e muitas vezes contraditórios, a medida em que ela se torna o “habitat” do homem. Ao mesmo tempo que o homem passa a depender da cidade para manutenção da vida, a relação entre nova morfologia do sítio citatino e o clima passa a gerar situações danosa a vida.

Portanto, através dos apontamentos expostos acima, entendemos que clima urbano nos remete a pensar uma manifestação de energia e matéria, regida por leis gerais, de forma sistematizada, que atua espacialmente no contexto urbano. Esta manifestação dinâmica, conceitualmente compreendida como elemento integrante da natureza, passa por transformações ao se relacionarem com o homem organizado em sociedade. O homem moderno, urbano, sedentarizado e maestro de técnicas, transforma a natureza a seu usufruto. Em consequência, tem-se a grande transformação das paisagens, de naturais para artificializadas. Destarte a este processo, e considerando o clima como elemento constituinte da natureza, clima urbano é expressão máxima da relação entre a sociedade e a natureza.

2.2 - Bases teóricas sobre uma teoria do clima: pilares brasileiros

Diante do que foi elencado na sessão anterior, tendo em vista a problematização epistemológica, a seguir trataremos de nossas matrizes de abordagem, evidenciando nossas fontes sobre o entendimento sobre o clima, e como ele se insere com a problemática do urbano. Não é nossa pretensão fazer um resgate histórico sobre o tema, mas indicaremos os principais referenciais considerados como os mais marcantes no desenvolvimento trabalho.

2.2.1 - Climatologia Geográfica (Bases Monteirianas)

No Brasil, o entendimento de Clima Urbano para pesquisa perpassa pela evolução da Climatologia Dinâmica. Nela são postos em discussão os paradigmas de uma Climatologia tradicional, também conhecida como Climatologia Analítico-separativa (MONTEIRO, 1962, apud BARROS e ZAVATINNI, 2009), voltados para preceitos da Meteorologia Clássica, onde os estados médios da atmosfera eram considerados. Sendo a Climatologia Dinâmica uma abordagem que contrapõe a Climatologia Separativa, considerando a dinâmica dos sistemas atmosféricos como preceito básico para as análises climáticas.

Assim, acreditamos na noção de Clima proposto por Maximillian Sorre (1951 apud MONTEIRO, 2003). Para Sorre, “o ambiente atmosférico é constituído pela série de estados atmosféricos sobre um determinado lugar em sua sucessão habitual”. Nesta conceituação é posto que as dinâmicas revelam os estados atmosféricos e que, o papel do pesquisador é, portanto, o de identificar a gênese destes estados. Já o Tempo atmosférico representaria os estados momentâneos da atmosfera em um determinado instante e lugar, cabendo ao domínio da Meteorologia sua explicação.

Monteiro (1971) apropriou-se da concepção de ritmo climático inspirado na dinâmica trazida na abordagem climática concebida por Sorre e na necessidade de compreender os tipos de tempo de Pédelaborde¹. Monteiro (1979, p.4, grifos do autor), na fuga do uso demasiado dos valores médios, propõe padrões ao clima considerando que “o ritmo, é expressão da sucessão dos estados atmosféricos, que conduz, implicitamente, ao conceito de habitual, pois que há variações e desvios que geram diferentes graus de distorções até atingir padrões extremos”. Com a necessidade de caracterizar o ‘ritmo’ do clima o autor realizou uma decomposição cronológica, tendo em vista a contínua sucessão dos estados atmosféricos, para que fosse possível associar as variações dos elementos do clima aos tipos de tempo que se sucedem segundo os

¹ Pédelaborde assumindo o conceito de Sorre aponta a necessidade de desvendar os complexos do clima: origem e trajetória bem como as propriedades físicas e as transformações das massas de ar. Porém os resultados de seus estudos mostraram inconsistências metodológicas no uso do paradigma dinâmico, produzindo uma descrição sumária e sistemática em um catálogo dos tipos de tempo (BARROS & ZAVATTINI, 2009).

mecanismos da circulação regional. Com isto o autor define seu conceito dizendo:

O ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidade de tempo cronológica, pelo menos diárias, compatíveis com a circulação atmosférica regional que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo. (MONTEIRO, 1971, p. 9).

Concluindo que:

Só a análise rítmica detalhada ao nível de “tempo”, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região (MONTEIRO, 1971, p. 12).

A mudança paradigmática, do estático para o dinâmico, em que a Climatologia, enquanto subárea da ciência geográfica, passará, foi reflexo da inserção nas ciências naturais e humanas da Teoria Geral dos Sistemas – TGS. Ela foi criada nas primeiras décadas do século XX apoiada pela Geografia pragmática. Os estudos de Ludwing Von Bertalanffy aplicando a TGS na Biologia e na Termodinâmica foi o marco inicial da utilização da teoria sistêmica nas ciências Naturais. Na Geografia, a perspectiva sistêmica foi introduzida por Chorley, em 1962. Através desses estudos, puderam-se compreender os sistemas (ambientais) através do princípio da conectividade, ou seja, que o conjunto de subsistemas que compõem o sistema terra estava conectado, através de interligações e interdependência, organizadas hierarquicamente. O estudo de um sistema é caracterizado por sua organização, composição e fluxo de energia e matéria, podendo ser mensurados através de variáveis. As modificações possíveis de ocorrer em um sistema estão ligadas ao grau de conexão, que por sua vez reflete a sua complexidade organizacional.

2.2.2 - Geografia do Clima

Além da óptica dinâmica e integrada do fenômeno climático, a pesquisa vislumbra uma preocupação no resgate de conceitos da ciência geográfica voltados a uma abordagem crítica e social do clima. Tendo em vista que a “*sujeitização* do fenômeno climático naturaliza a sociedade, não permitindo que se compreendam os processos sociais de produção do espaço, uma vez que

não revela a intencionalidade dos agentes sociais” (SANT’ANNA NETO, 2011, p.15).

A partir do século XVIII, com o início da revolução industrial e com a concretização do modo de produção capitalista, a sociedade passa a vivenciar transformações relacionadas ao modo de vida, essencialmente ligadas ao trabalho e produção de mercadorias, sendo a cidade sua principal morada. É nesta fase também que se concretiza a tomada do homem sobre a natureza através das técnicas, transformando-a e artificializando-a a serviço do excedente, ou melhor, do lucro. A produção do espaço pelo homem, entendida como “ação cotidiana do homem que aparece na forma de ocupação de um determinado lugar em um momento histórico” (CARLOS, 1994 apud PEREIRA, 2011, p.34), nos mostra a raiz dos problemas ambientais, pois diz respeito, às formas pelas quais o homem produz esse lugar com o objetivo de garantir suas condições de sobrevivência. (PEREIRA, 2001, p.35).

Vivenciamos na contemporaneidade a tomada do *meio técnico científico informacional*² resultando uma complexa produção do espaço urbano nos moldes capitalistas, sendo ela “consequência dos agentes sociais concretos, históricos dotados de interesses, estratégias e práticas próprias, portadores de contradições de geradores de conflitos entre eles mesmos e com outros seguimentos da sociedade” (CORRÊA, 2011). Estes agentes sociais são responsáveis pela materialização do ambiente construído, em função dos processos sociais. Diante disso, “como o espaço é produzido de forma contraditória, os fluxos originados pela dinâmica atmosférica devem ser concebidos como forças atuantes no processo de produção, geradores de desigualdades”. (SANT’ANNA NETO, 2011). Assim a Geografia do Clima considera que:

Se o espaço geográfico é produzido de forma altamente **complexa** e fortemente **desigual**. Se o clima é o produto da **interação** entre os processos dinâmicos da atmosfera e das ações dos agentes sociais. Então os diversos **grupos sociais** não experimentam nem percebem o tempo e o clima da **mesma forma**. Espaços desiguais **potencializam** efeitos do clima, igualmente desiguais. Nesta perspectiva temos que

² Conceito criado por Santos (1996) diante do terceiro período de transformação da natureza pela técnica, trazendo como mote a fusão da técnica com a ciência e a informação sob égide do mercado agora globalizado. Trazendo também para o espaço, enquanto categoria de análise, modificações, supressões, acréscimos, cada vez mais sofisticados e carregados de artificialidade.

admitir que o **clima é uma construção social**. (SANT'ANNA NETO, 2011, p.15, grifos do autor).

Logo,

A repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre se dá num determinado território, transformado e produzido pela sociedade de maneira desigual e apropriado segundo os interesses dos agentes sócias. (SANT'ANNA NETO, 2008)

Esta investigação almeja perpassar sobre as possibilidades de compreensão do clima sob um olhar geográfico. Nesse sentido, a pesquisa situa-se nos domínios da Climatologia Geográfica, considerando a enorme contribuição do Professor Carlos Augusto Figueiredo Monteiro. Porém, diante a conjuntura sobre as forças que movimentam a produção do espaço urbano, o grande desafio está na necessidade de se compreender as relações sociais imbrincadas com o comportamento atmosférico, tomando como foco a relação clima e sociedade. Assim, o clima considerado como insumo no processo de apropriação e produção da natureza, assume um papel variado em diferentes sociedades. Uma vez que estas se encontram em momentos diferenciados em relação ao processo de globalização, gerando em um mesmo território³ uma sociedade desigual, onde as classes sociais não dispõem dos mesmos meios para lidar com ações dos fenômenos atmosféricos de forma minimizar ou otimizar os seus efeitos.

2.3 - O Sistema Clima Urbano

Diante de tais questões lançadas, Monteiro (1976, 2003), analisando as mudanças por quais passaram os grandes núcleos urbanos, propõe o Sistema Clima Urbano - SCU, composto por três subsistemas: termodinâmico, físico-químico e hidrometeorológico, sendo estes diretamente relacionados com os canais de percepção humana: conforto térmico, qualidade do ar e impacto meteorológico. Cada um dos subsistemas tem um objeto de estudo diferenciado sendo: as ilhas de calor, ventilação, conforto e desconforto térmico o objeto do subsistema

³ O conceito de Território é entendido na presente pesquisa como a relação entre o espaço e o poder, considerando não só o Estado na análise de poder (geopolítica), mas também os grupos sociais que compõem Território. Portanto procuramos entender o jogo complexo entre as dimensões sociais e materiais (conformação de infraestruturas, planejamento urbano, etc.), acreditando que não há, e nem deve haver, uma distinção rígida entre os conceitos de espaço geográfico e de território (HAESBAERT, 2009)

termodinâmico; a poluição do ar, assim como as doenças respiratórias o objeto do físico-químico, e os impactos meteóricos, incluindo os problemas de inundação urbana, o objeto do hidrometeórico. (Quadro 01)

Quadro 01 - SCU- Articulações dos subsistemas segundo os canais de percepção.

Fonte: Adaptado de Monteiro, C.A. de F, 1976.

SUBSISTEMAS	TERMODINÂMICO	FISICO-QUÍMICO	HIDRO-METEÓRICO
CARACTERIZAÇÃO	CONFORTO TÉRMICO	QUALIDADE DO AR	IMPACTO METEÓRICO
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação Horizontal	Atividade Urbana Veículos automotores Indústrias Obras – limpeza	Atmosfera Estados especiais (Desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio Operador/operando	Do operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no Sistema	Difusão através do sistema	Concentração no Sistema
Projeção	Interação núcleo ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (Renovável)	Episódico (Eventual)
Observação	Meteorológica Especial (T. de campo)	Sanitária e Meteorológica Especial	Meteorológica Hidrológica (T. de campo)
Correlações Disciplinares e Tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura e Urbanismo	Engenharia Sanitária	Engenharia Sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	"Ilha de Calor", Ventilação, Aumento da Precipitação	Poluição do Ar	Ataques à Integridade Urbana
Efeitos Diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários, doenças respiratórias, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra-estrutura Regularização fluvial Uso do solo.
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Assim, o SCU tem como foco de estudo o clima da cidade a partir de uma visão integrada, de conjunto. Monteiro (2003) cita ainda que o clima urbano é um sistema singular que abrange um clima local e a cidade, não tendo a preocupação de se estabelecer a partir de que grau de urbanização e de que condições geológicas se poderia utilizar o termo. Para definir o SCU,

Monteiro (1976, 2003) propõe uma série de enunciados básicos, sendo os seguintes:

- 1- O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.
- 2- O espaço urbanizado que se identifica a partir do sítio, constitui o núcleo do sistema que mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato em que se insere.
- 3- O SCU importa energia através do ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados, mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos.
- 4 - As entradas de energia no SCU são de natureza térmica (oriundas da fonte primária de energia de toda a terra-sol), implicando componentes dinâmicas inequívocas determinadas pela circulação atmosférica, e decisivas para a componente hídrica englobada nesse conjunto.
- 5 - A avaliação dessa entrada de energia no SCU deve ser observada tanto em termos quantitativos, como, especialmente, em relação ao seu modo de transmissão.
- 6 - A estrutura interna do SCU não pode ser definida pela simples superposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica ou funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas.
- 7- O conjunto-produto do SCU pressupõe vários elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do sistema. Sendo variada e heterogênea essa produção, faz-se necessário uma simplificação, classificatória, que deve ser constituída através de canais de percepção humana.
- 8- A natureza urbana do SCU implica em condições especiais de dinamismo interno consoante o processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano, uma vez que várias tendências ou expressões formais de estrutura se sucedem ao longo do processo de urbanização.
- 9- O SCU é admitido como passível de auto-regulação, função essa conferida ao elemento homem urbano que, na medida em que conhece e é capaz de detectar suas disfunções, pode, através do seu poder de decisão intervir e adaptar o funcionamento do mesmo, recorrendo a dispositivos de reciclagem e/ou circuitos de retroalimentação capazes de conduzir seu desenvolvimento e crescimento seguindo metas preestabelecidas.
- 10- Pela possibilidade de interferência auto-reguladora, acrescentam-se ao SCU, como sistema aberto, aquelas propriedades de entropia negativa pela sua própria capacidade de especialização dentro do crescimento através de processos adaptativos, podendo ser qualificado, assim, como um sistema morfogenético.

O eixo teórico-metodológico central desta pesquisa está contido na perspectiva termodinâmica do SCU, pois acreditamos que esse subsistema compreende o nível fundamental da resolução climática em uma cidade. Ele atravessa toda estrutura do SCU, pois é insumo básico, que perpassa pelo uso do solo, morfologia e função urbana, implicando processos de transformações e

produções na área de estudo (MONTEIRO, 1976, 2003). Este subsistema possui cinco níveis de resolução integrados entre si (insumo, transformação, produção, percepção e ação), capazes de oferecer uma estruturação lógica do entendimento climático sobre as cidades.

O nível 1 (insumo) é representado pela entrada de energia no subsistema bem como todo o desencadeamento dinâmico para com a atmosfera (massas de ar). No Nível 2 a energia é transformada por meio do uso e ocupação do sítio urbano, associados a morfologia e funcionalidade, resultando na produção (nível 3) de uma estrutura térmica, muitas vezes perturbadoras, como: ilhas de calor/frescor, alteração da ventilação local, aumento da precipitação etc. Assim, estes processos são transferidos para a Sociedade por meio da Percepção (nível 4) seja ela a nível individual e/ou coletivo tendo em vista o conforto térmico. A partir desta percepção o homem torna-se capaz de realizar uma intervenção auto-reguladora propondo ações planejadas na regulação do uso do solo utilizando modelos adaptativos (visão coletiva), bem como o melhoramento das habitações (visão individual).

2.3.1 O Clima Urbano e seu processo de retroalimentação negativa: as Ilhas de calor

A produção do clima urbano é gerada por uma entrada de energia providas do astro sol, influenciando, através do balanço de radiação, as estruturas térmicas citadinas (adensamento de construções, pavimentação, cobertura vegetal etc.) promovendo perturbações, especializadas através de “arquipélagos de calor”. O fenômeno da ilha de calor urbana caracteriza-se pelo aumento da temperatura do ar nas cidades em relação ao meio rural e as áreas menos urbanizadas. Geralmente, ocorrem no centro das cidades, onde as construções formam um conjunto denso e compacto. O trabalho pioneiro de Oke (1974 apud SOUZA, 2011), traçando perfis horizontais e verticais das ilhas de calor dos grandes centros urbanos, concluiu que o local da cidade com maior atividade antrópica, normalmente o centro, se caracteriza por ser mais quente que os bairros residenciais e periféricos. Esse perfil foi chamado de “perfil clássico das ilhas de calor”. Ele destaca que o centro da cidade é o “pico” (*pick*) da ilha de calor. A temperatura diminui gradativamente conforme aumenta a

distância do centro chegando ao que o autor caracteriza por “plateau”. O limite entre a área urbana e a área rural é representado pela queda brusca da temperatura, que o autor conceitua como “penhasco” (*cliff*). (Figura 02)

Figura 02 - Representação esquemática de uma secção transversal genérica de uma ilha de calor urbano (OKE, 1978). Fonte: Souza (2011)



Segundo Gonçalves (2004) as ilhas de calor são causadas pelo desequilíbrio no balanço de energia em áreas construídas como resultado do comportamento térmico dos materiais utilizados nas construções e nas vias urbanas e pelas alterações na difusão de calor introduzidas através do uso do espaço e do solo urbanos. Assim, Monteiro (1997, p.206) elenca os principais elementos que influenciam no balanço energéticos das urbes:

A complexa geometria das superfícies urbanizadas, a forma e orientação dos edifícios, as propriedades térmicas dos materiais utilizados, a impermeabilização do solo ou o calor liberado pelas diversas atividades antrópicas, são algumas das contribuições decisivas para alterar o balanço energético nas cidades.

Os componentes tipicamente utilizados na constituição do meio urbano têm maior capacidade de retenção de calor do que os que constituem o meio rural. “O armazenamento de calor no espaço construído associado à pequena perda de calor por evaporação não faz com que o balanço final entre as perdas e os ganhos no ambiente seja nulo, criando condições para a formação de ‘ilhas de calor (...)’ (AMORIM, 2000, p.28).

Assim, o fenômeno ilha de calor é formado através das diferenças do balanço de energia entre a cidade e o campo, sendo uma anomalia térmica, com dimensões horizontais, verticais e temporais. Suas características estão relacionadas com a natureza da cidade (tamanho, densidade de construções,

uso do solo) e com as influências externas (clima, tempo e estações). A máxima intensidade da ilha de calor é observada sob condições de tempo atmosférico ideal, céu claro e ventos fracos. Horizontalmente, há diminuição da temperatura do ar e aumento da umidade à medida que há a aproximação com o campo. (OKE, 2006, p.7)

De acordo com Ayoade (2006, p. 302) os fatores que causam a ilha de calor são:

- 1 – a capacidade térmica de calor e a condutividade das superfícies urbanas que acarretam absorção da radiação durante o dia e sua liberação na atmosfera, à noite;
- 2 – o acréscimo de calor por combustão, aquecimento do espaço e metabolismo do corpo humano;
- 3 – a secura das superfícies urbanas implica que não será usada muita energia para a evaporação. A maior parte da energia será usada para aquecer o ar. A secura das superfícies urbanas deve-se à remoção do escoamento superficial por sistemas de esgotos urbanos, por falta de extensa cobertura vegetal e ausência de lagoas ou reservatórios de água, nos quais possa ocorrer a evaporação/transpiração;
- 4 – a diminuição dos fluxos dos ventos por causa do efeito de fricção das estruturas urbanas reduz a troca de ar da cidade com o ar mais frio da zona rural circundante, afetando os processos evaporativos que podem contribuir para os resfriamentos;
- 5 – o efeito estufa da camada da poluição sobre as cidades também ajuda no desenvolvimento do fenômeno da ilha de calor urbano. Há redução na radiação terrestre infravermelha para o espaço à noite, de modo que a energia fica conservada dentro da atmosfera urbana, abaixo da camada de poluição.

O parâmetro mais importante que caracteriza a ilha de calor é sua intensidade ou magnitude, que geralmente evolui mediante a diferença máxima observada, em um momento determinado, entre a temperatura de um ponto da cidade, densamente construído, e outro em seu entorno ou no ambiente rural. Garcia (1996 apud AMORIM, 2005), classificou a ilha de calor em fraca magnitude, quando as diferenças entre os pontos oscilam entre 0°C e 2°C, média magnitude entre 2°C e 4°C, forte entre 4°C e 6°C e muito forte quando as diferenças forem superiores a 6°C.

Esse fenômeno é potencializado quando as urbes não apresentam elementos que suavizam seus efeitos. Assim, a presença da vegetação nas cidades não pode ser deixada de lado pelo ordenamento territorial. A vegetação proporciona sombra e auxilia na canalização do vento, tornando-se um excelente condicionador térmico natural (BARBUGLI, 2004)

Conforme Romero (2000) a vegetação contribui de forma significativa no estabelecimento dos microclimas de uma cidade. O processo de fotossíntese auxilia na umidificação do ar, por meio do vapor d'água liberado. Ainda segundo o autor, de modo geral, os efeitos do clima sobre seus arredores tendem a se estabilizar pela vegetação, reduzido seus externos ambientais.

A vegetação também cumpre funções essenciais no espaço urbano, como: na composição do ar; no equilíbrio solo-clima-vegetação; nos níveis de ruídos; e nos padrões estéticos. O quadro 2 abaixo aponta as contribuições da vegetação do melhoramento do ambiente urbano.

Quadro 02 - Funções da Vegetação no Espaço Urbano.
Fonte: Gomes e Soares (2003)

Composição Atmosférica
<ul style="list-style-type: none"> - Ação purificadora por fixação de poeiras e materiais residuais; - Ação purificadora por depuração bacteriana e de outros microorganismos; - Ação purificadora por reciclagem de gases através de mecanismos fotossintéticos; - Ação purificadora por fixação de gases tóxicos.
Equilíbrio solo-clima-vegetação
<ul style="list-style-type: none"> - Luminosidade e temperatura: a vegetação ao filtrar a radiação solar, suaviza as temperaturas extremas; - Umidade e temperatura: a vegetação contribui para conservar a umidade do solo, atenuando sua temperatura; - Redução na velocidade do vento; - Mantém as propriedades do solo: permeabilidade e fertilidade; - Abrigo à fauna existente; - Influencia no balanço hídrico.
Níveis de Ruído
<ul style="list-style-type: none"> - Amortecimento dos ruídos de fundo sonoro contínuo e descontínuo de caráter estridente, ocorrentes nas grandes cidades.
Estético
<ul style="list-style-type: none"> - Quebra da monotonia da paisagem das cidades, causada pelos grandes complexos de edificações; - Valorização visual e ornamental do espaço urbano; - Caracterização e sinalização de espaços, constituindo-se em um elemento de interação entre as atividades humanas e o meio ambiente.

2.4 – Estudos de clima urbano na região metropolitana de Fortaleza

Finalmente, esta sessão aponta os principais estudos de referência para o clima urbano no Ceará.

É a partir do início do decênio de 2000 que os estudos sobre o clima urbano nas principais cidades nordestinas se consolidam. Estimulados, principalmente, pela consolidação de cursos de Pós-Graduação na região Nordeste. A Geografia enquanto linha de pesquisa matriz, mais especificamente com a Climatologia Geográfica, colaborou com excelentes estudos sobre as principais capitais dessa região, bem como as cidades médias e pequenas (ZANELLA e MOURA, 2013)

Para a cidade Fortaleza, pioneira no Ceará para com esses tipos de pesquisas. A partir da década de 1990 inicia-se os estudos do gênero, sobretudo em uma perspectiva térmica, voltadas para a inserção das condições térmicas e do conforto humano como subsídios para o planejamento urbano da cidade, como aponta Zanella e Moura (2013, p.79)

Na década de 2000, houveram aprimoramentos das técnicas de análise climática, sobre a cidade. Com destaque para os trabalhos de Santana (2002) e Moura (2008). O primeiro, através de uma relação entre arquitetura e preceitos da Climatologia Geográfica, produziu espacializações sobre as condições de temperatura e umidade em associação com os diferentes tipos de uso e ocupação, revelando uma diversidade padrões que influenciam os microclimas urbanos de Fortaleza. Já Moura(2008), ampliou o recorte espacial, realizando uma análise intra e interurbana. O autor utilizou-se de técnicas de interpolação de dados espaciais de temperatura e umidade, em um perfil de 24hrs. O mesmo apresentou uma caracterização do clima urbano de Fortaleza, no campo termodinâmico, trazendo uma espacialização das ilhas de calor intra e interurbanas. Ele conclui que as ilhas de calor chegam até 5°C no período diurno, entre 07 e 15 horas, concentrando-se principalmente no bairro Damas.

Os estudos de Xavier (2001) que através de tratamentos estatísticos das variáveis climáticas para anos de 1974 a 1995, revelou que a velocidade dos ventos vem diminuindo na ordem de 50% para meses de julho a dezembro. Embora as causas sejam complexas e difíceis de definição concreta.

Paiva (2011) analisou as condições microclimáticas do Bairro Messejana em períodos sazonais contrastantes. Nesse estudo foram encontradas diferenças de temperatura de até 4,5°C entre as intermediações da Lagoa de Messejana com o terminal de ônibus, evidenciando o efeito dos materiais construtivos sobre as temperaturas. Além de concluir que no período seco os

índices de conforto chegam ser alarmantes, principalmente em áreas residências e no terminal.

Tendo em vistas o crescimento populacional das cidades metropolitanas, houve um aumento espacial das urbes na RMF. Assim trabalhos acadêmicos tem gerado análises sobre esses novos espaços e expansão. Cajazeira (2010) ao caracterizar o clima urbano de Maracanaú, cidade industrial da RMF, constatou que as variações de temperatura, umidade e direção do vento variaram conforme suas características de densidade de construção, arborização e localização quanto às atividades industriais. Mostrou ainda que os conjuntos habitacionais Acaracuzinho, Novo Maracanaú e Jereissate I apresentaram as maiores temperaturas em função do grande adensamento de edificações. Sobre estudos de bairros representativos de Fortaleza.

A sede urbana de Caucaia, uma cidade de pequeno porte, foi analisada por Felix (2011), aplicando as coletas de dados fixas. Assim, no que diz respeito à distribuição espacial da temperatura, verificou-se que a grande diferença entre os pontos de coleta esteve relacionada com a densidade de construções. As maiores temperaturas foram observadas no centro e na Praça Raimundo Pereira, bairro densamente construído. Portanto, este estudo confirmou a evidência de que existe uma relação direta do campo térmico com os padrões de ocupação do solo.

A dissertação de Freitas (2012), utilizando miniabrigos meteorológicos, gerou uma análise microclimática e do conforto térmico para a sede municipal de Aquiraz. Pode-se verificar que em locais de intensa dinâmica urbana somado a intensa massa edificada gera situações de desconforto térmico. O centro da cidade apresentou essas características durante boa parte do período diurno. Já nos pontos com alta presença de vegetação, observou-se condições de conforto térmico.

Ainda não se tem um estudo detalhado e completo sobre o clima urbano na RMF. Mas já se tem indicativos, através dos estudos apresentados, da produção de climas urbanos. Além disso, percebe-se nessas cidades a falta atenção para com o ambiente atmosféricos produzido pelas urbes, havendo principalmente efeitos negativos nas áreas mais construídas. Onde além do acréscimo de matérias de acumular maior calor, há a retirada da vegetação, impactando os meios perceptivos dos cidadãos.



CAPÍTULO 02:

Materiais e Processos Metodológicos



03 – Materiais e Processos Metodológicos

Neste capítulo, indicaremos os caminhos para realização da pesquisa, numa tentativa de poder contribuir na construção de um *olhar*, essencialmente geográfico, sobre a superfície terrestre e sua relação com a atmosfera. Pretende-se indicar os caminhos percorridos de forma sistematizada sobre os processos de construção da pesquisa. A fim de possibilitar, amplamente, caminhos possíveis a ser percorridos nos estudos geográficos sobre o clima urbano.

3.1 - Caminhos Percorridos

Para a construção metodológicas deste trabalho, realizamos, basicamente, as fases da pesquisa contidas no Sistema Clima Urbano – SCU de Monteiro(1976;2003),

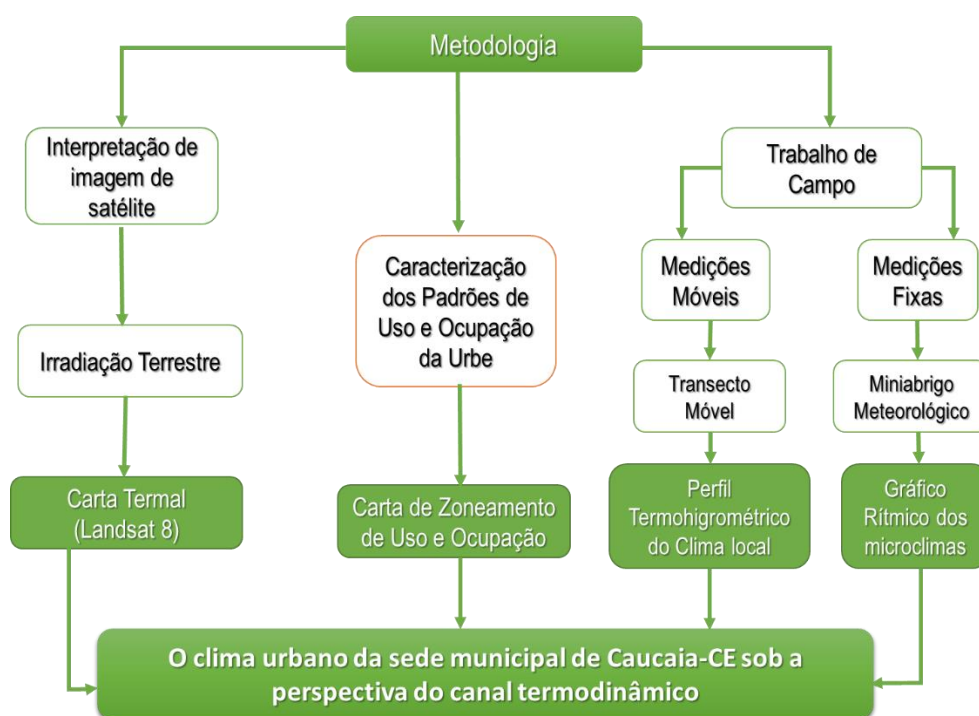
A nossa matriz epistemológica que sustenta a prática metodológica está contida na Análise Rítmica de Monteiro (1971). Onde esse autor, baseado em preceitos dinâmicos sobre a natureza e, considerando a percepção epistemológica do entendimento de *tempo* e *clima* de acordo com Max Sorre, discuti as possibilidades geográficas de análise sobre a atmosfera, sobretudo a troposfera, por ser a camada que realiza uma maior troca energética com a superfície terrestre. O autor ainda faz considerações crítica à descrição puramente quantitativa. Propondo uma metodologia investigativa de como conceber o clima na perspectiva dinâmica, baseado na sucessão dos diferentes tipos de tempo de acordo com características locais de determinado recorte espacial.

Ainda utilizamos trabalhos contemporâneos, tendo em vista os processos urbanos recentes que geram a mudança da paisagem urbana. Medonça (2003) e Amorim (2000) propõem estudos voltados para metodologias dos estudos de cidades caracterizadas por ser de porte médio e por apresentar dinâmicas urbanas que resulta em influências climáticas diversas.

A Figura 03 apresenta os principais eixos da prática da pesquisa que geram os principais produtos para alcançarmos nossos objetivos. De modo geral perpassamos por três (3) procedimentos consagrados nos estudos em

climatologia urbana: Sensoriamento Remoto, Registros com pontos fixos e Transecto Móvel. Através deles, obtivemos, respectivamente, como produtos: uma Carta Termal, com cena sobre a cidade de estudo; um mapa de zoneamento sobre o uso e ocupação; perfis termohigrométricos do percurso realizado com as medidas móveis; e gráficos de temperatura e umidade com do ritmo diário das medidas pontuais.

Figura 03 – Fluxograma esquemático sobre a metodologia da pesquisa.



A seguir, pontuamos as principais etapas da pesquisa

➤ Primeira Etapa: Revisão Bibliográfica e Cartográfica

A constituição do embasamento teórico foi voltada para a concepção de natureza transformada pelo homem. Tendo em vista que a cidade se manifesta espacialmente como principal *lócus* de morada do homem, sustentada pela relação entre a sociedade e natureza. Voltamos a revisão bibliográfica para o cenário geográfico da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF.

Os dados cartográficos foram adquiridos em instituições públicas, com destaque para o IPECE, que nos cedeu os dados vetoriais e raster do Município

de Caucaia. As imagens de satélites foram adquiridas em órgãos estatais, nacional e internacional, havendo como canal de comunicação seus sites (via internet). Abaixo segue maiores informações associados ao tipo de dados.

➤ **Segunda etapa: Obtenção dos dados**

➤ **Dados secundários**

Antecedendo ao trabalho de campo, para a coleta de dados primários, realizamos também uma caracterização dos padrões de uso e ocupação do sítio urbano. Inicialmente, para identificar as distintas unidades de cobertura da superfície urbana, para zonear as diferentes áreas homogêneas contida da área de estudo, utilizamos os parâmetros foram que escolhidos através das propostas de Lombardo (1985), Amorim (2000) e Moura (2008). Considerando os seguintes atributos: Cobertura Vegetal e Recursos Hídricos; Densidade das construções; e Áreas Funcionais Urbanas.

Para sistematizar as informações cartografadas, utilizamos o software do *Google Earth*⁴. Pois o mesmo oferece a possibilidade de interpretações espaciais dos atributos acima escolhidos, disponibilizando informações recentes das mudanças espaciais no que diz respeito aos diversos usos e ocupações. Portanto, escolhemos a cena do dia 05/06/2013 como referência para a produção da carta de uso e ocupação.

Os dados secundários foram obtidos através de imagens de satélite cedidos de maneira gratuita, através de um cadastro prévio, no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, bem como no site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC.

Para a busca do entendimento termodinâmico da área de estudo, usamos informações oriundas da banda 10 do satélite Landsat 8. Através de um tratamento de imagens pelo software *Idrisi*[®] utilizando técnicas de transformação de pixel. Através de seguidas transformações em uma imagem no infravermelho termal. Ao final desse processo, adquirimos uma carta termal no nível de resposta espectral sobre a superfície a terrestre. O que significa que

⁴ Software nos domínios da Google®. Disponível para downloads gratuitamente no site: <http://www.google.com/earth/download/ge/agree.html>

é analisada a temperatura dos diferentes alvos e não a temperatura do ar. Para elaboração da carta de temperatura da superfície, utilizou-se o sensor do infravermelho termal - TIRS (banda 10 - faixa espectral de 10,4 a 11,1 μm - micrômetro) do satélite Landsat 8. A cena analisada foi do dia 01 de Julho de 2013, com resolução espacial de 30 metros, adquirida no site do Serviço de Levantamento Geológico dos Estados Unidos - USGS⁵.

O satélite Landsat 8 é o mais recente de sua série. Foi lançado no dia 11 de fevereiro de 2013 pela NASA, operando a uma altitude de 705 km, numa órbita heliosíncrona com inclinação de 98,2°, semelhante às órbitas das séries Landsat 5 e 7. A sua passagem na linha do equador ocorre às 10 horas, com diferença de 15 minutos para mais ou para menos (USGS, 2013).

Os procedimentos para a obtenção das temperaturas em grau Celsius (°C) foram realizados no software IDRISI Andes versão 15.0, com a utilização de parâmetros fixos de conversão de tons de cinza da imagem para radiância, depois para temperatura Kelvin e, finalmente, para graus Celsius. Na primeira etapa, realizamos a conversão dos níveis de cinza para radiância com a aplicação da seguinte equação abaixo:

$$L_{\lambda} = ((\text{Imax}_{\lambda} - L_{\text{min}}) / (\text{QCALMAX} - \text{QCALMIN})) * (\text{QCALMIN} - \text{QCAL}) + L_{\text{min}_{\lambda}}$$

Sendo:

L_{λ}	Radiância espectral em sensor de abertura de em Watts/($\text{m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$)
QCAL	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem da banda 10
$L_{\text{min}_{\lambda}}$	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMIN em Watts = 0.10033
$L_{\text{Max}_{\lambda}}$	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMAX = 22.00180
QCALMIN	O mínimo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a $L_{\text{min}_{\lambda}}$, em DN = 1
QCALMAX	Máximo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a $L_{\text{Max}_{\lambda}}$ no DN = 65535

Após a conversão dos níveis de cinza em radiância, foi aplicada a equação a seguir para converter os valores em temperatura Kelvin.

⁵ <http://www.usgs.gov/>

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)}$$

Sendo:

- T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin;
 K1 = Constante de calibração 1 - 774.89 Kelvin;
 K2 = Constante de calibração 2 - 1321.08 Kelvin;
 L = Radiância espectral, em Watts/(m² sr μm).

Após este procedimento, os valores de temperatura Kelvin foram subtraídos pelo seu valor absoluto (273,15), gerando um arquivo (imagem) no formato *raster* de temperatura de superfície em graus Celsius (°C). Finalmente, para a escolha do percurso do transecto móvel, assim como dos pontos fixos, importou-se a malha urbana georreferenciada.

➤ Dados Primários

A obtenção dos dados primários foi feita de acordo com duas metodologias de medição da temperatura e umidade do ar. Sendo o transecto móvel para identificar o clima local; e a instalação de miniabrigos para aquisição de informações mais detalhadas sobre as condições microclimáticas das áreas de estudo.

O transecto móvel foi usado com intuito de averiguar as características termohigrométricas, segundo dois momentos distintos do dia. No primeiro momento considerando a urbe sem a influência da radiação solar. E em um segundo momento, considerando a radiação terrestre emitida ao final do dia. Logo, em um perfil de 24 horas, o horário escolhido foi as 6 e 19 horas (manhã e noite). Esta metodologia consiste em averiguar a dinâmica da temperatura e umidade do ar intraurbano e interurbano. De acordo com pesquisas vinculadas ao Grupo de estudos da atmosfera GAIA⁶, o transecto móvel enquanto metodologia de captação de dados térmicos e higrométricos, permite averiguar

⁶ Grupo de Pesquisa Interações na superfície, água e atmosfera – GAIA. Está vinculado ao Programa de Pós-graduação em Geografia pela Universidade Estadual Paulista “ Júlio de Mesquita Filho” no campus de Presidente Prudente.

o perfil do conjunto dos microclimas de espaços urbanos. De acordo com Amorim e Sant'anna Neto (2009. p.5) o melhor momento atmosférico do dia para a realização das medições itinerantes é:

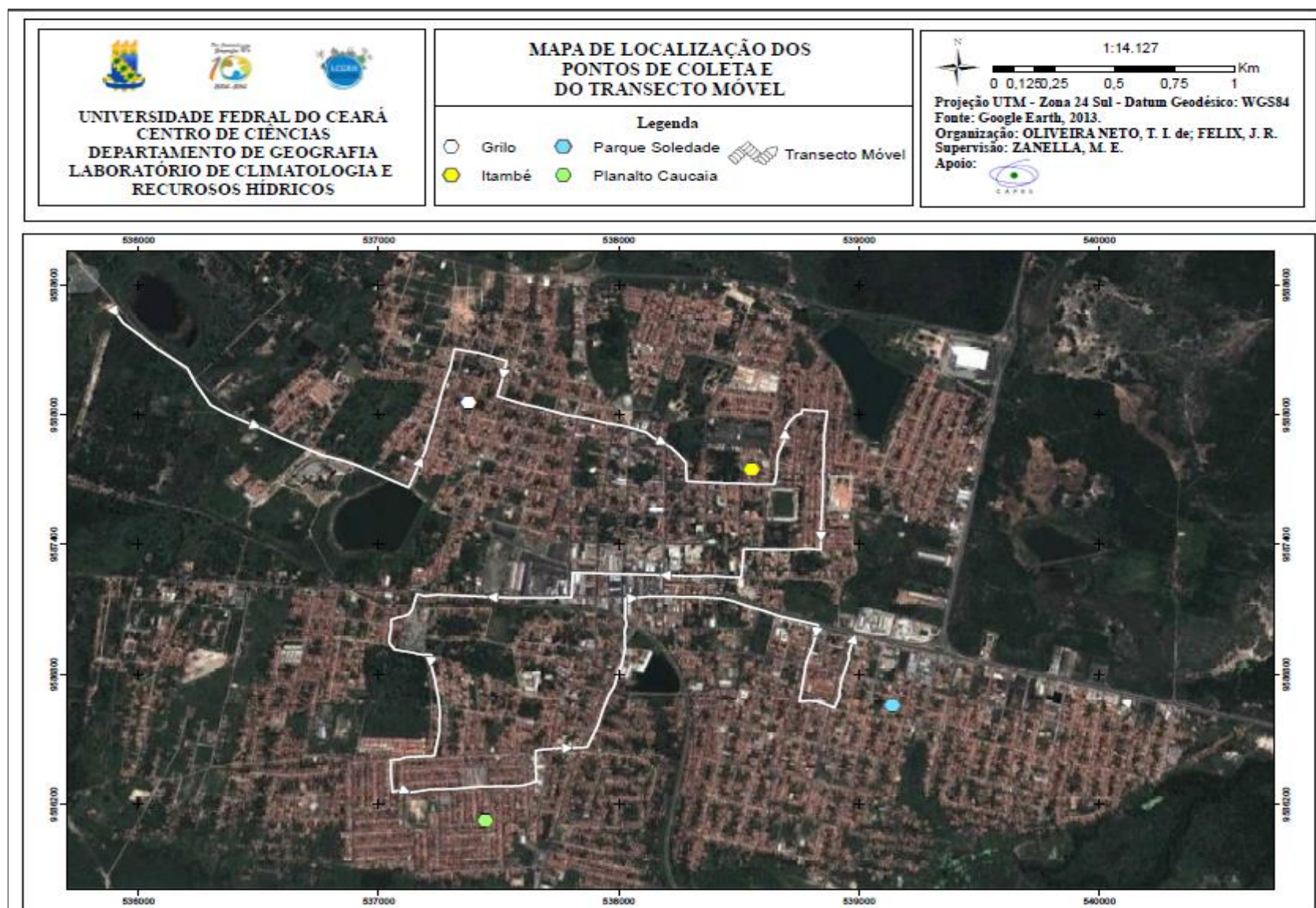
Entre 20:00h e 20:45h, por se tratar do horário mais adequado para a medição de ilhas de calor no mundo tropical, uma vez que as temperaturas do ar não experimentam mudanças rápidas e com o pôr do sol, os materiais construtivos liberam o calor conservado.

Para isso fez-se necessário realizar o percurso segundo condições sinópticas adequadas, ou seja, sem chuva e sem vento. Para tanto, averiguamos as características termohigrometricas do *tempo atmosférico* através de medições *in situ* utilizando um aparelho termohigrometro digital, com sensor externo da *Icoterm®* (Figura 04). O sensor externo do aparelho foi anexado a uma haste de madeira, ao passo que essa foi presa ao lado de um automóvel, que percorreu um caminho, traçado previamente, contemplando as diversas particularidades da urbe no nível de acordos com os diferentes tipos de usos e ocupações. Foram registrados 80 pontos em um percurso de aproximadamente 8 Km. A velocidade do automóvel variou de 20 a 30 km/h, e durou em média 30 minutos (Figura 05).

Figura 04 - Materiais para realização das medições móveis.



Figura 05 - Localização do Percurso do Transecto Móvel e dos Miniarbrigos Fixos.



Os dados pontuais foram coletados através de quatro (4) aparelhos datalogger da marca Impac® com seus respectivos miniabrigos de madeira, colocados a 1,50m do solo (Figura 06). Assim, foram distribuídos quatro locais distintos da cidade, levando em consideração padrões homogêneos dos atributos escolhidos para o uso e ocupação. Como dispnhamos na possibilidade de um perfil de medição superior a 24hrs, decidimos instalar os miniabrigos em quintais ou em ambientes externos de residências, devido a segurança do equipamento. As medições foram feitas em dois momentos diferenciados dentro da quadra chuvosa do Estado. Foram escolhidos os meses de Janeiro e Abril (Verão e Outono), onde para cada mês, foram realizados experimentos seguindo um perfil de 48hrs. Estes pontos fixos situaram-se no ambiente intraurbano e fizeram o registro de temperatura e umidade do ar a cada 10 minutos.

Figura 06 - Materiais para as medições pontuais



➤ Terceira Etapa: Tratamento dos dados

Para o tratamento dos dados primários, após o trabalho de campo, utilizamos o *Excel®* para gerar as planilhas com as informações termohigrometricas de acordo com as seguintes unidades de medidas: Celsius

(°C) e Porcentagem (%). Através das planilhas elaboramos gráficos de associações através de linhas. Através desses dados tabulados, realizamos a produção de cartas especializando a temperatura e umidade. Para isso, utilizamos o software Surfer®, onde realizamos o tratamento geoestatístico *Krigagem*, que consiste em uma técnica que estima espacialmente uma determinada variável (Z) a ser tratada, assim o software realiza o cálculo de um logaritmo de interpolação, que está em função do valor da variável (Z) e sua localização de coordenadas UTM em um eixo de abcissas(X) e coordenadas(Y). Ao final, como produto, foram geradas cartas preditivas sobre as características termohigrométrica da área de estudo.

Nesta etapa geramos também taxas sobre o aquecimento e resfriamento do ar, utilizando os dados sobre a temperatura do ar nos pontos fixos. Assim realizamos uma adaptação nossa análise de acordo com o cálculo de resfriamento de Galvani e Lima (2012). Nesse trabalho tem-se que a taxa de resfriamento noturno é a “diferença entre os valores de temperatura do ar naquele momento e sua leitura anterior, e o acumulado refere-se à totalização dessa diferença entre o acaso e o nascer do sol” (p.58). Para o estado do Ceará no período de janeiro o acaso do dia, ou pôr do sol, ocorre aproximadamente às 18hrs e o nascer do sol ocorre às 06hrs. Assim, adaptando o raciocínio da taxa de resfriamento do trabalho citado, teremos que a taxa de aquecimento será a diferença entre o nascer do sol - onde inicia o processo de aquecimento – com o momento máximo de temperatura, geralmente às 14 -15 hrs, momento onde há além da radiação do sol incidente, também o início do processo de emissão do calor, em ondas longas, pelos materiais construtivos.



CAPÍTULO 03:

Ensaio Sobre Um Olhar Geográfico do Clima

Urbano da Sede de Caucaia



04 – Ensaio sobre um olhar geográfico do clima urbano da Sede de Caucaia

A seguir, conduziremos o leitor ao nosso ponto inicial de análise, através de uma caracterização do recorte de estudo, nas dimensões espacial e temporal. Consideramos a gênese diferentes “ritmos”, seja dado pela sociedade e/ou natureza. Com isso, pretende-se tatear as possibilidades de interpretações, buscando de maneira geográfica, os processos inerentes aos fenômenos que se apresentam. De maneira geral, trataremos sobre o processo de ocupação do município de Caucaia, identificando alguns elementos que evidenciam o seu crescimento urbano. Para assim, adentrar ao recorte de estudo, a sede urbana do município. Sobre ela, selecionaremos alguns bairros tendo em vista a sua homogeneidade relacionadas aos atributos mencionados no capítulo anterior.

4.1 - Processos históricos de formação territorial do Município

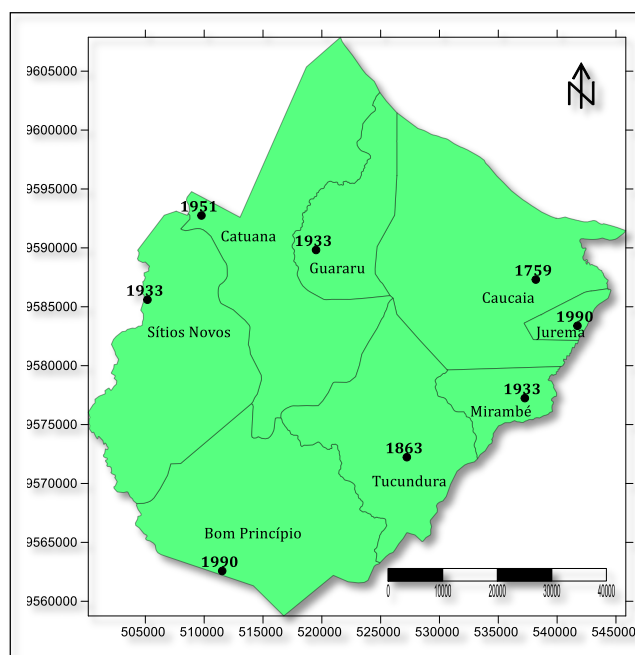
A formação territorial de Caucaia remete ao processo de colonização em que os jesuítas vieram ocupar grande parte do território brasileiro, com a missão de instalar bases físicas e ideológicas, atuando, sobretudo, na catequização os primeiros habitantes da região. Anterior a chegada dos jesuítas, existiam segundo Leite (1992), vinte duas (22) etnias de origem indígena. Predominavam os de etnia Potiguara também conhecidos como Tapebas. Eles viviam em pequenas comunidades dispersas e praticam atividades de subsistência, como a pesca, o extrativismo vegetal (carnaúba) e a coivara (queimada da vegetação para cultivos temporários).

Caucaia foi um dos primeiros núcleos de população do Ceará. De acordo com informações da Prefeitura de Caucaia (2010) seu povoamento iniciou com a chegada dos jesuítas Luís Figueiras e Francisco Pinto. Com posse da Carta Régia de 22 de outubro de 1735, estes chegaram com a intensão de uma segunda tentativa de colonização na região. Através da catequese, os padres da Companhia de Jesus transformaram os primeiros moradores da região,

conhecidos como índios Caucaias⁷, em “amigos” da companhia. Eles passaram a auxiliar a missão de instalação das bases jesuítas, com a formação do aldeamento Nossa Senhora dos Prazeres de acordo com Barreto Filho (1994).

Devido aos conflitos entre o Diretório Pombalino e os Jesuítas, o império de Portugal expediu em 14 de setembro de 1758, uma ordem que consistia na retirada dos bens dos religiosos bem como a elevação das aldeias orientadas pelos jesuítas para à vila. Em 1759 a aldeia deu lugar para a Vila Nova de Soure, como desmembramento da Vila de Fortaleza. Entre processos de extinção e restauração da Vila de Soure, em 1863 através da Lei Provincial n.º 1.270 é anexado o distrito de Tucunduba (Figura 07), aumentando a extensão territorial da então Vila de Nova Soure. No mesmo ano, devido a rumores de reivindicação dos índios pelos seus bens, assim como pelo reestabelecimento da antiga Aldeia de Nossas Senhoras dos Prazeres, houve a incorporação dos patrimônios territoriais das aldeias à Fazenda Imperial, respeitando, contudo, posses de alguns índios. Fato que evidencia que os primeiros processos de constituição do espaço geográfico de Caucaia, foram marcados por disputas de diferentes classes.

Figura 07 – Mapa da divisão dos distritos de Caucaia de acordo com o ano de criação por lei. Fonte: IPECE, 2010. Organização: Autor.



⁷ O topônimo de Caucaia é de origem indígena. E significa Mato Queimado, fazendo uma relação com as áreas de carnaubal, marca principal do ambiente natural do município.

No início do Século XX houve intensos processos de expansão territorial do município, principalmente com as anexações de mais três distritos: Sítios Novos, Mirambé (também conhecida à época como Taquara) e Guararu (chamada na época como Primavera). Em 1943 pelo Decreto-lei Estadual n.º 1.114 a Vila de Soure, passa ser concebida Caucaia, mantendo a agricultura, o extrativismo de carnaúba e a pecuária como principais atividades econômicas (TELES, 2005).

Em meados século XX, pela Lei Estadual n.º 1.153 foi criado o distrito de Catuana, formado a partir dos desmembramentos de terras do distrito de Sítios Novos. Esse momento é marcado também, a nível regional, pela grande migração do interior dos estados que compunham a região Nordeste, para as capitais dos seus estados. O principal motivo era a falta de expectativa de vida em função da natureza hostil em que o Nordeste passava com grandes períodos de estiagem bem como a fuga da relação clientelista marcava intensamente a época. Associado a estes processos, havia o franco desenvolvimento da indústria nacional que saíra do principal eixo Centro-Sul do país, para ganhar “espaço” na região nordeste, sobretudo munidos de incentivos fiscais, num processo de descentralização da indústria. Com efeito, esse movimento passa a configurar uma (re)organização do espaço geográfico do nordeste brasileiro (AMORA, 2005).

Nos anos de 1980, com a criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, houveram estímulos de expansão industrial e urbana, favorecendo uma acelerada mudança das paisagens, através da inserção de novas infraestruturas, possibilitando a instalação de indústrias e a reorganização dos espaços urbanos. Dessa forma, houveram intensos favorecimentos para ocupação espacial do município por usos residenciais – conjuntos habitacionais - objetivando os grupos sociais em desvantagem econômica e diminuindo, por conseguinte, os problemas de déficit habitacional de Fortaleza (NOGUEIRA e SILVA, 2014).

Nos anos de 1990, ocorreu a última divisão territorial do município, constituindo-se em 8 distritos: Caucaia, Bom Princípio, Catuana, Guararu, Mirambé, Sítios Novos e Tucunduba. Nesse período Caucaia se destaca pelo incremento de conjuntos habitacionais, criando mais dois novos distritos, com destaque para o distrito da Jurema por ser populoso e apresentar uma alta

integração com a metrópole devido sua proximidade. Assim a presença dos conjuntos habitacionais nas franjas fronteiriças com Fortaleza, gerou uma “redistribuição da população através de programas habitacionais periféricos promovidos pelo Estado, inclusive induzindo a conurbação” (PEQUENO e ARAGÃO, 2009, p.69) Além disso, o município se consolidou pela valorização dos espaços de lazer, recreação, veraneio e turismo (DANTAS e SILVA, 2009)

No início do Século XXI verifica-se, através do censo de 2000 do IBGE, que de um total habitacional de 250.479 pessoas, 135.505 estavam na faixa da pobreza, ou seja, com renda domiciliar *per capita* de até ½ salário mínimo. Evidenciando a fragilidade social em que o município produzia seu território. A partir do início da década de 2010, na esteira do crescimento do financiamento imobiliário, verificou-se em Caucaia o crescimento de condomínios residenciais fechados, voltados para um público consumidor que o mercado imobiliário classifica como popular. De acordo com Nogueira e Silva (2014) o município de Caucaia passou a oferecer condomínios para segmentos com menor poder aquisitivo, incluindo grandes projetos do programa Minha Casa Minha Vida⁸. Além das novas formas de moradia, ocorre, nesse município a implantação de um shopping center, plataforma comercial presente exclusivamente em Fortaleza, até o início da década de 2000.

Em termos relacionados as últimas décadas de história do município, segundo os dados do último censo, constatamos que de 1990 a 2010 a população urbana residente apresentou um crescimento absoluto de 142.619 habitantes. Isto significa um aumento em dobro do total, como pode ser verificado no Quadro 02. Destaca-se também o predomínio da população urbana sobre a rural. Em 2010 89% da população era urbana contra 10% da população rural.

⁸ Este é um programa do Governo que visa a redução do déficit habitacional urbano no Brasil. Ele é destinado para famílias de baixa renda. Além da construção das unidades habitacionais propriamente dita (Minha Casa, Minha Vida), fazem parte desse eixo as áreas Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo (SBPE) e Urbanização de Assentamentos Precários.

Quadro 03 - População Residente no Município de Caucaia – 1991, 2000, 2010.**Fonte: IBGE (2010)**

Discriminação	População residente					
	1991		2000		2010	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Total	165.099	100,00	250.479	100,00	325.441	100,00
Urbana	147.601	89,40	226.088	90,26	290.220	89,18
Rural	17.498	10,60	24.391	9,74	35.221	10,82
Homens	80.972	49,04	123.299	49,23	159.598	49,04
Mulheres	84.127	50,96	127.180	50,77	165.843	50,96

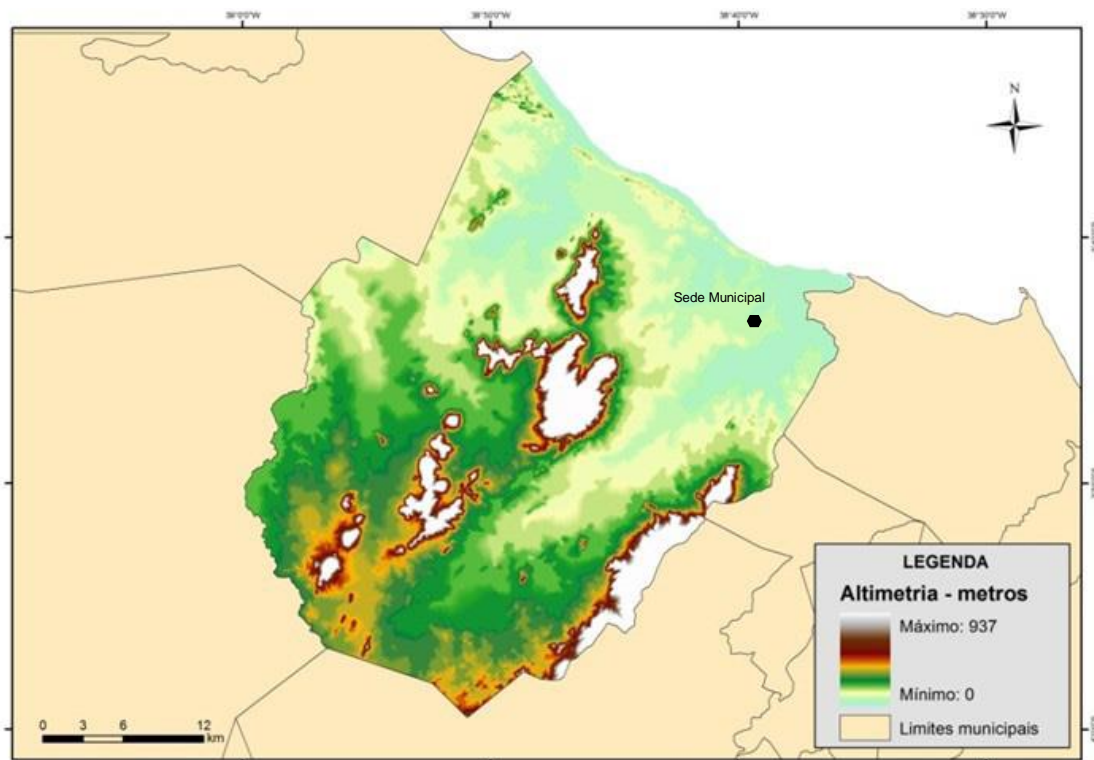
4.2 - O Tempo Longo: características geológicas do sítio urbano de Caucaia-CE

Em relação aos aspectos geológicos, a estrutura geológica do município foi estudada por Souza (1988), Souza et. al. (1995), sendo que a mesma apresenta dois conjuntos bem distintos: Coberturas sedimentares de idade Tércio-Quartenária e litologias do embasamento cristalino pré-cambriano.

Nesse contexto, geologicamente, o município de Caucaia pode ser caracterizado pela ocorrência de coberturas sedimentares cenozóicas sobrepostas a terrenos cristalinos pré-cambrianos. As coberturas sedimentares são representadas pela formação Barreiras, coberturas coluviais-eluviais, depósitos eólicos (paleodunas e dunas móveis), depósitos flúvio-aluvionares e depósitos flúvio-marinhos (SOUZA, 2000).

Em termos de relevo, Caucaia é marcado por altitudes médias a baixas geralmente inferiores a 1.000 metros. O município é caracterizado pelos tabuleiros pré-litorâneos, depressão sertaneja englobando serras e campos de inselbergs, planícies fluviais, planícies flúvio-marinhas e campos de dunas, móveis ou fixas (SOUZA, 2000.). A Figura 8 apresenta o modelo digital do terreno para o município, com destaque para a localização do recorte de estudo, que se encontra numa porção do território, caracterizado por uma grande planície de acumulação, conhecida como tabuleiro pré-litorâneo. E no Quadro 03 contém uma síntese sobre os principais elementos geológicos.

Figura 08 - Modelo Digital do Terreno de Caucaia. Fonte: Medeiros et al. (2012)



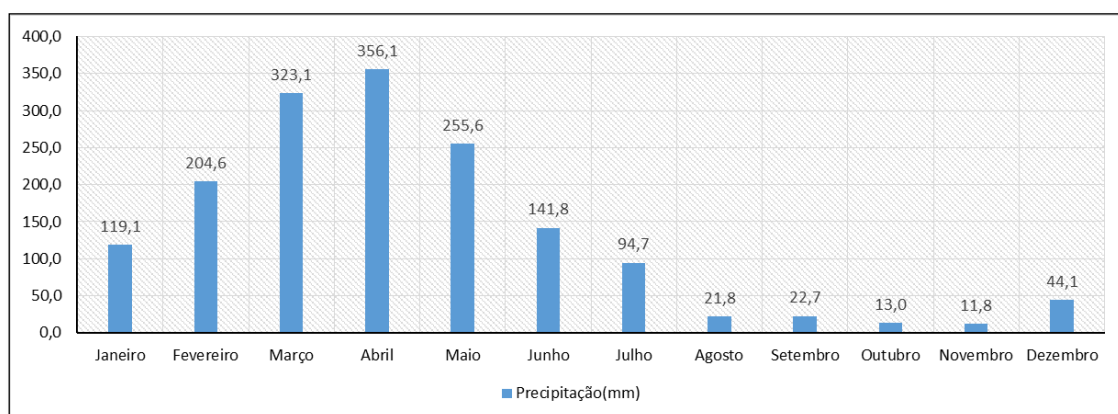
Quadro 04 - Síntese das características geoambientais do território de Caucaia-CE.

Fonte: IPECE, 2013

Relevo	Solo	Vegetação	Bacia Hidrográfica
Planície Litorânea; Tabuleiro Pré-litorâneo; Maciços Residuais; e Depressão Sertanejas	Neossolos (Quartzarenicos, Flúvicos e Litólicos); Argissolo Vermelho-Amarelo; Gleissolos; Planossolos; e Vertissolos	Complexo Vegetacional da Zona Litorânea; Cerrado; e Caatinga Arbustiva Densa	Metropolitana

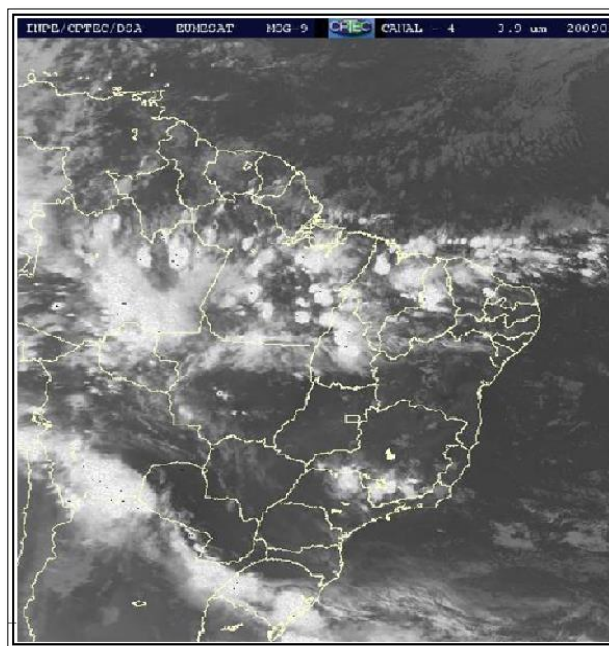
4.3 - Características Climáticas de Caucaia-CE

Como o município estudado é confrontante a norte com o oceano atlântico, sua condição climática torna-se regulada pelo efeito da maritimidade. Assim, verifica-se durante o ano, baixas amplitudes de temperatura, variando entre de 26°C a 28°C. Mas devido ao seu grande tamanho territorial, encontra-se dois diferentes tipos climáticos. Como, por exemplo, o tropical quente sub-úmido e úmido nas áreas próximas ao mar (faixada norte). E tropical quente semiárido brando, para as áreas mais ao sul do município (IPECE, 2013)

Gráfico 01 – Média da Precipitação Anual de Caucaia-CE. Fonte: FUNCEME, 2013

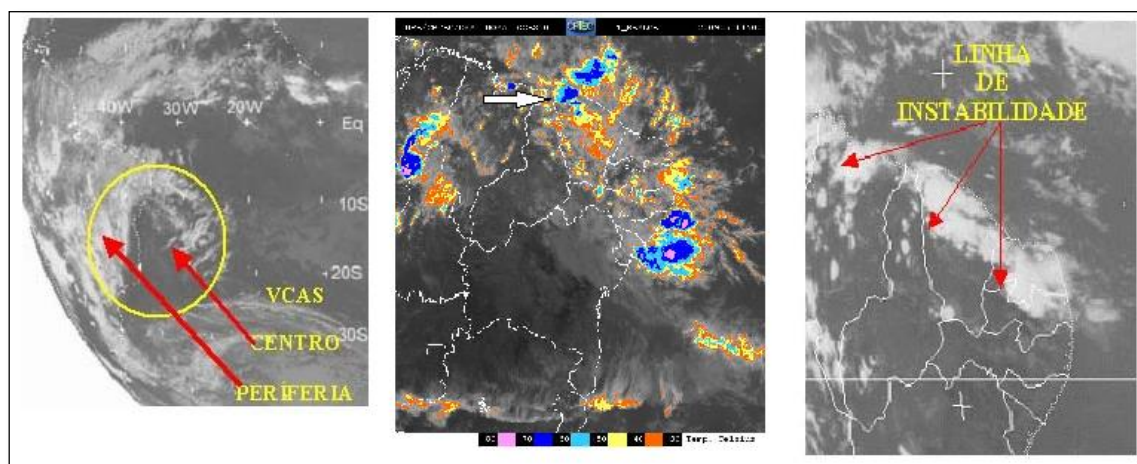
Sobre a disposição das chuvas durante o ano, no Gráfico 01, verificamos que elas concentram-se predominantemente no primeiro semestre. Sendo a pré-temporada das chuvas no verão (dezembro e janeiro) e a quadra chuvosa (fevereiro a maio) ocorrendo principalmente no outono, finalizando o período com chuvas no início do inverno (junho e julho). Esta disposição ocorre devido, principalmente, à atuação intensa de sistemas atmosféricos produtores de chuvas neste período. O principal sistema que atua na quadra chuvosa cearense é a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT. Ela representa uma banda de nuvens formada pela convergência dos ventos alísios do hemisfério Norte e Sul, próximo à superfície (Figura 08). O choque dos alísios faz com que o ar quente e úmido ascenda, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera, provocando a formação de intensas nuvens. O grande “cordão” de nuvens formado pela confluência dos alísios desloca-se em função da temperatura, migrando sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 14°N em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente 2° a 4°S entre fevereiro e abril. (FERREIRA e MELLO, 2005. p.19)

Figura 09 - Atuação da ZCIT em maio de 2009. Fonte: CPTEC.



Associado à ZCIT, outros sistemas atmosféricos de menor escala também atuam em combinação, como Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis – VCAN, os Complexos Convectivos de Mesoescala – CCM e as Linhas de Instabilidade – LI (Figura 09). Os VCAN's são conjuntos de nuvens que possuem a forma aproximada de um círculo girando no sentido horário, ocorrendo na alta troposfera. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsistência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens. Eles provocam alterações no tempo e, dependendo de sua intensidade, causam sérios problemas locais e regionais (FERREIRA e MELLO, 2005. p. 20). Já os CCM's são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis (temperatura, relevo, pressão, etc.), provocando fortes chuvas de curta duração e, muitas vezes, ocorrem espacialmente, chuvas isoladas (FERREIRA e MELLO, 2005. p. 22). Um outro sistema, as LI, são bandas de nuvens que causam chuvas, do tipo cúmulos, organizadas em forma de linhas, daí o seu nome. São causadas por recebimento de grandes quantidades de radiação solar, em áreas tropicais. Outro fator que contribui para sua intensificação é a proximidade da ZCIT (FERREIRA e MELLO, 2005. p. 21).

Figura 10 - Imagens de satélite mostrando os sistemas Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis – VCAN, Complexos Convectivos de Mesoescala – CCM e Linhas de Instabilidade – LI (da esquerda para direita). Fonte: FUNCEME E CPTEC.



No mês de julho, em termos sinóticos, tem-se a atuação das Ondas de Leste (Figura 10). Este sistema se forma na área de influência dos Ventos Alísios, ocorrendo na faixa tropical do globo terrestre. Deslocam-se de Leste para Oeste, ou seja, da costa africana à costa brasileira, onde provocam chuvas em escala local, devido à posição geográfica, a costa cearense recebe influência das brisas terrestres e marinhas. As brisas são ventos locais ocasionados pelo aquecimento e resfriamento diferenciais entre a terra e a água, contribuindo para a movimentação das nuvens. Durante o dia o continente aquece mais rápido do que o oceano adjacente, fazendo com que haja a diminuição da pressão atmosférica no continente. Isto faz com que o vento em superfície siga o caminho oceano-continente, sendo denominada de brisa marítima. Já durante o período da noite, ocorre o processo inverso. O oceano fica mais quente, quando comparado com o continente, fazendo com que o vento de superfície sopra do continente para o oceano, gerando as brisas continentais.

Figura 11 - Imagem de satélite mostrando a atuação das Ondas de leste.

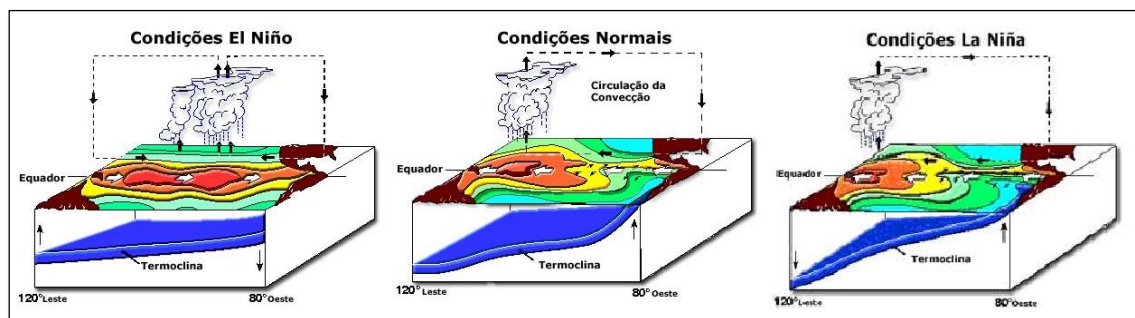
Fonte: FUNCEME.



Além dos sistemas sinóticos mencionados, as chuvas do estado do Ceará e do nordeste brasileiro são influenciadas por fenômenos relacionados à dinâmica oceano-atmosfera em escala global. Conhecidos como El Niño e La Niña, esses fenômenos referem-se às variações na temperatura da superfície do oceano pacífico com características mais intensas e abrangentes (Figura 11). O El Niño representa o aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do oceano Pacífico central, próximo à linha do Equador. Quando esse fenômeno atua acaba particionando a Célula de Walker⁹, formando dois ramos de ar descendentes. Um deles abarca a região da indonésia e o outro o Nordeste do Brasil, fazendo com que o ar descendente forme uma espécie de barreira, inibindo a formação de nuvens. Em anos de El Niño as chuvas não são favoráveis. Já a La Niña, representa uma intensificação das condições normais do oceano Pacífico, ou seja, têm-se um maior aquecimento das águas no Pacífico oeste, gerando ventos mais fortes sentido leste-oeste, fortalecendo a Célula de Walker, aumentando o transporte de águas quentes para oeste e ressurgência das águas frias a leste. Assim a célula de Walker não é alterada e o ar descendente não alcança o Nordeste do Brasil permitindo a formação de nuvens. Assim em anos de La Niña chuva se apresenta maior quantidade de precipitação.

⁹ São ramos zonais de ar que seguem no sentido leste-oeste e está relacionada à variação da pressão atmosférica entre as porções leste e oeste do Oceano Pacífico o que promove uma circulação celular zonal na região equatorial. As circulações zonais do tipo Walker são marcadas pelas zonas de ascendências acima dos continentes e na porção oeste dos oceanos (fonte quente), e pelas zonas de subsistências acima das partes orientais do oceano (fonte fria).

Figura 12 - Características do oceano pacífico nos eventos de El Niño, La Niña e em condições neutras. Fonte: FUNCEME.



Por fim, existem estudos que indicam a influência da Temperatura de Superfície do Mar – TSM do Atlântico Sul na produção de chuvas no nordeste brasileiro. Ferreira e Mello (2005) aponta que a TSM positiva é favorável para intensificação de chuvas no nordeste associados a sistemas como a ZCIT. Isto significa que quando as temperaturas de superfície do oceano atlântico sul apresentam-se positivas, há uma intensificação na produção de nuvens gerando chuva. Já quando a TSM do Atlântico Sul apresenta temperaturas negativas, não há um favorecimento da incrementação de chuva no nordeste, mais especificamente no Ceará.

4.4 - O Tempo Curto: a estrutura urbana e os padrões de uso e ocupação.

A Sede Urbana de Caucaia apresenta uma estrutura urbana em processo de crescimento espacial, gerando diferenças nítida e real das funções, sobretudo pelas funções de moradia, comércio e serviço. Com isto, predomina uma distribuição espacial, onde a função habitacional coexiste com as atividades comerciais, de serviços e até industriais. Além disso, não existem grandes diferenciações nos padrões construtivos e habitacionais. Nos últimos anos a sede municipal tem recebido um maior poder de aglomeração, principalmente de serviços. A construção de um Shopping Center potencializou o fluxo de pessoas nesse setor da cidade. Vale destacar que a cidade cresceu espacialmente de forma radial para com o centro.

De maneira geral, o perfil da cidade é predominantemente horizontal, sem grandes elementos verticais e com poucas edificações significativas. O uso do solo é indiscriminado, verificando-se a presença de atividades incompatíveis

num mesmo espaço. Ainda, no caso do Centro da cidade, se encontram instalações industriais e depósitos, cujos portes das edificações e funções são incompatíveis com os usos destinados para área central (Comércio, Serviços e Moradias).

Marcadamente os bairros localizados no entorno da Área Central apresentam, sobretudo, função residencial. A diferenciação entre os bairros ocorre pela forma inicial de ocupação.

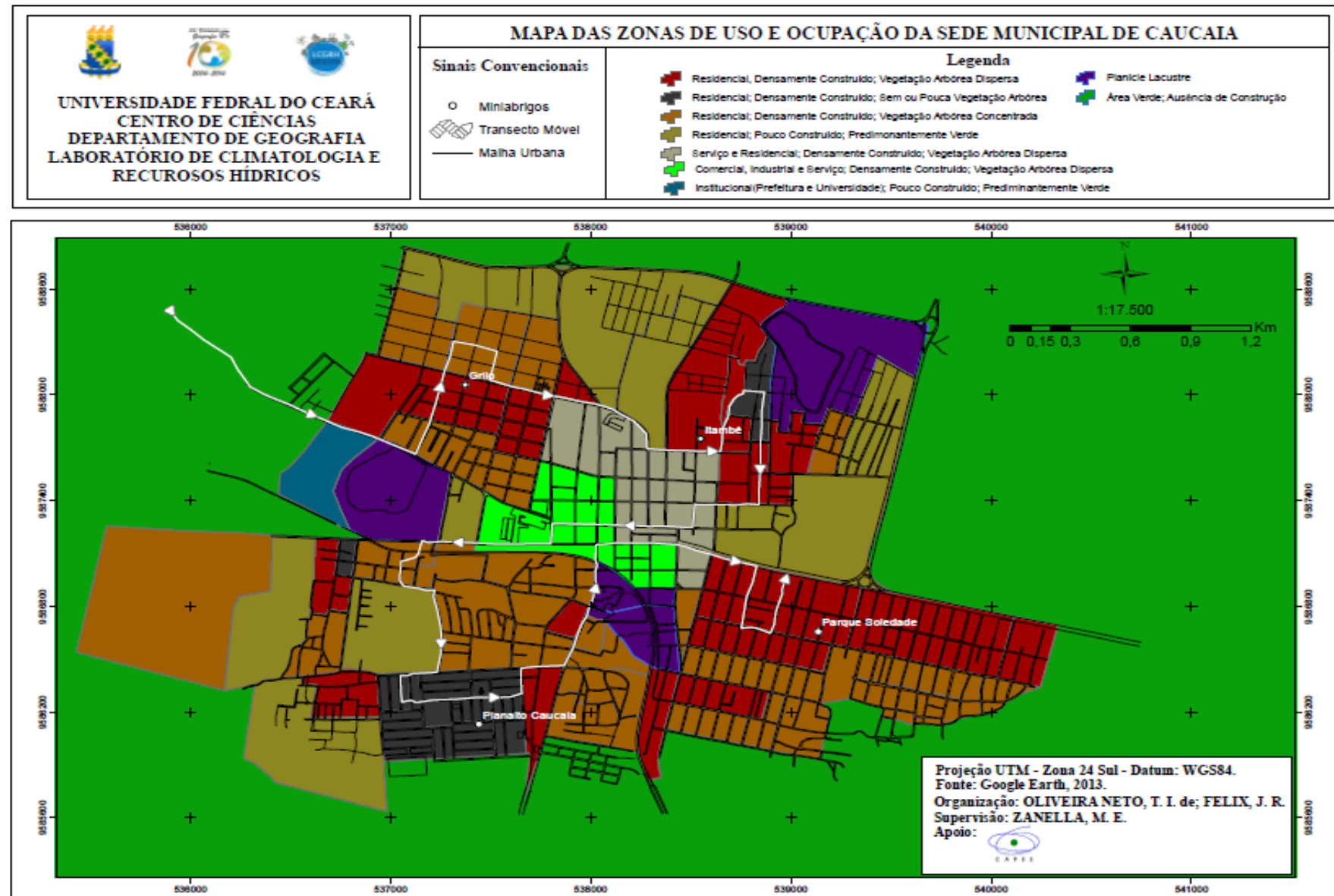
Como artifício de análise, para identificação de áreas homogêneas na cidade, foi criada uma carta de uso e ocupação afim de elencar tipologias de acordo com função urbana, densidade de construções e presença de vegetação (Figura 14). Identificamos oito (8) tipos de zonas com diferenças entre os atributos escolhidos. Assim, segue uma breve descrição das principais características encontradas.

A primeira zona identificada foi a **Comercial, Industrial e Serviços; Densamente Construída; Vegetação Arbórea Dispersa**. O Centro da cidade é um exemplo (Figura 13). Nele, as construções foram erguidas sem qualquer ordem, ocupando na maioria das vezes todo o lote e desconsiderando seu entorno, gerando uma paisagem urbana conturbada e confusa no que diz respeito ao acúmulo de funções urbanas (Escolas, Bancos, Lojas e Mercados, Comércio Informal, Clínicas, Shopping, Moradias, etc). Em função disso, a presença de vegetação é pouco considerável, predominando uma arborização urbana de praças.

Figura 13 - Amostra da Zona Comercial, Industrial e Serviços; Densamente Construída; Vegetação Arbórea Dispersa. Fonte: Google e Autor.



Figura 14 - Carta das Zonas de Uso e Ocupação da sede urbana de Caucaia-CE



Os bairros localizados no entorno da Área Central apresentam, sobretudo, função residencial. A diferenciação entre os bairros ocorre pela forma inicial de ocupação. Assim identificamos a segunda zona de ocupação classificada como **Serviços e Residencial; Densamente Construído; Com Vegetação Arbórea Dispersa**. Nessa zona encontramos duas funções urbanas mais comum na cidade. De acordo com o padrão radial que o centro apresenta, à medida que se afasta do mesmo, percebe-se a função residencial prevalecendo (Figura 15). Vale destacar que a função de serviços está relacionada ao transporte (rodoviária), escolas, bancos, igrejas etc. Também percebe-se uma intensa carga de materiais construtivos, contrastando com alguns quintais com vegetação arbórea.

Figura 15 – Amostra da Zona de Serviços e Residencial; Densamente Construído; Com Vegetação Arbórea Dispersa. Fonte: Google e Autor



A terceira zona intitulada de **Institucional; Pouco construído; Predominantemente Verde** é onde se encontra a sede da Prefeitura do município, bem como uma sede do IFCE (Figura 16). É uma área que inicia a mudança da paisagem no sentido de saída do urbano. Assim, a vegetação encontra-se bastante consolidada, havendo também a presença de um recurso hídrico, chamado lagoa do Pabussú.

Figura 16 – Amostra da Zona Institucional; Pouco construído; Predominantemente Verde. Forte: Google e Autor



A partir da quarta zona, predomina a função residencial, densamente construída, variando em função da disponibilidade de vegetação arbórea. A quarta zona intitulada **Residencial; Densamente Construída; Sem ou Pouca Vegetação Arbórea** representa as áreas de recente ocupação. Sendo característica marcante a baixíssimo nível vegetação arbórea. Essas zonas são características dos conjuntos habitacionais. A figura 17 mostra o exemplo através do bairro Planalto Caucaia.

Figura 17 – Amostra da Zona Residencial; Densamente Construída; Sem ou Pouca Vegetação Arbórea. Fonte: Google e Autor.



A quinta zona chamada **Residencial; Densamente Construído; Com Vegetação Arbórea Dispersa** apresenta como marco a ser considerado a

disposição da vegetação. Em bairros que contém essa tipologia, percebe-se uma ocupação histórica recente, havendo a substituição da vegetação primitiva, por lotes para a venda e novas residências. O bairro do Parque Soledade é um exemplo (Figura 18). Ele foi concebido no início dos anos 2000, e só em meados dessa década que ocorreu um processo mais intenso de ocupação.

Figura 18 – Amostra da Zona Residencial; Densamente Construído; Com Vegetação Arbórea Dispersa. Fonte: Google e Autor



Já a sexta tipologia **Residencial; Densamente Construída; Com Vegetação Arbórea Concentrada** é característica nos bairros mais antigos, que apresentam as ruas se largas, com lotes grandes (Figura 19). Nota-se uma presença constante de vegetação, principalmente nos quintais (fundo das casas). O bairro Grillo é um exemplo dessas ocupações antigas, datada, segundo alguns moradores consultados, dos anos de 1970.

Figura 19 - Amostra da Zona Residencial; Densamente Construída; Com Vegetação Arbórea Concentrada. Fonte Google e Autor.



A sétima tipologia **Residencial, Pouco construído; Predominantemente Verde**, representa bairros no início do processo de ocupação (Figura 20). Basicamente percebe-se uma grande quantidade de espécies vegetais, sobretudo de porte arbóreo. Os bairros Novo Pabussu, Jardim Santa Isabel e Vila Cazé são exemplos dessa tipologia.

Figura 20 – Amostra da Zona Residencial, Pouco construído; Predominantemente Verde.

Fonte: Google e Autor.



Finalmente a oitava tipologia **Área Verde; Sem Construções** é encontrada em áreas ao redor da cidade (Figura 21). São locais onde não há ocupação. Basicamente, o recorte de estudo é rodeado por áreas que apresentam essa tipologia, podendo apresentar também algum corpo hídrico.

Figura 21 – Amostra da Zona Área Verde; Sem Construções. Fonte: Google e Autor



4.5 - Temperatura de Superfície para a sede urbana de Caucaia-CE.

Ao sobrepor informações do terreno com a carta de temperatura de superfície, pode-se auxiliar a construção de diagnóstico sobre clima urbano, pois as diferentes coberturas da cidade absorvem e refletem radiação solar dependendo do seu grau de emissividade, influenciando a temperatura do ar.

Segundo Jensen (2009, p. 258) “a emissividade do mundo real deve ficar em algum lugar entre 0 e 1 mas nunca igualar-se a 1”. A emissividade (Quadro 04) de um objeto pode ser influenciada por diversos fatores, como por exemplo: cor, composição química, rugosidade superficial, teor de umidade, compactação, campo de visada, comprimento de onda e ângulo de visada. Com isso, se a refletividade aumentar, a emissividade tende a diminuir. Um exemplo sobre isso é o da cor, pois objetos de cor escura são melhores absorvedores e emissores, do que os objetos de cor clara, que refletem mais a energia incidente.

Quadro 05 – Emissividade na faixa espectral (8 - 14 μ m) para materiais selecionados.

Fonte: Jesen, 2009.

Material	Emissividade
Água	0,92 – 0,98
Alumínio (folha)	0,05
Asfalto	0,95
Cimento/pedra	0,97
Concreto	0,71 – 0,90
Florestas (decídua/coníferas)	0,97 – 0,99
Tijolo vermelho e áspero	0,93
Vegetação	0,96 – 0,98

Vale destacar também a dificuldade em relacionar o uso e ocupação com as características microclimáticas. “As cidades litorâneas, por estarem sujeitas a ventos de grande intensidade que aumenta as trocas térmicas por convecção, são menos sujeitas à influência da forma urbana sobre a temperatura do ar”. (Duarte e Serra, 2003 p.11).

Com base em tais informações, foi possível analisar a temperatura da superfície da sede urbana de Caucaia, a partir da carta de temperatura de superfície elaborada para este trabalho (Figura 22). A variação de temperatura da superfície na cidade e no entorno rural foi de aproximadamente 6°C, sendo a

mínima de 23°C e a máxima de 29°C. A Figura 22 apresenta uma relação de alguns pontos destacados os quais trataremos a seguir.

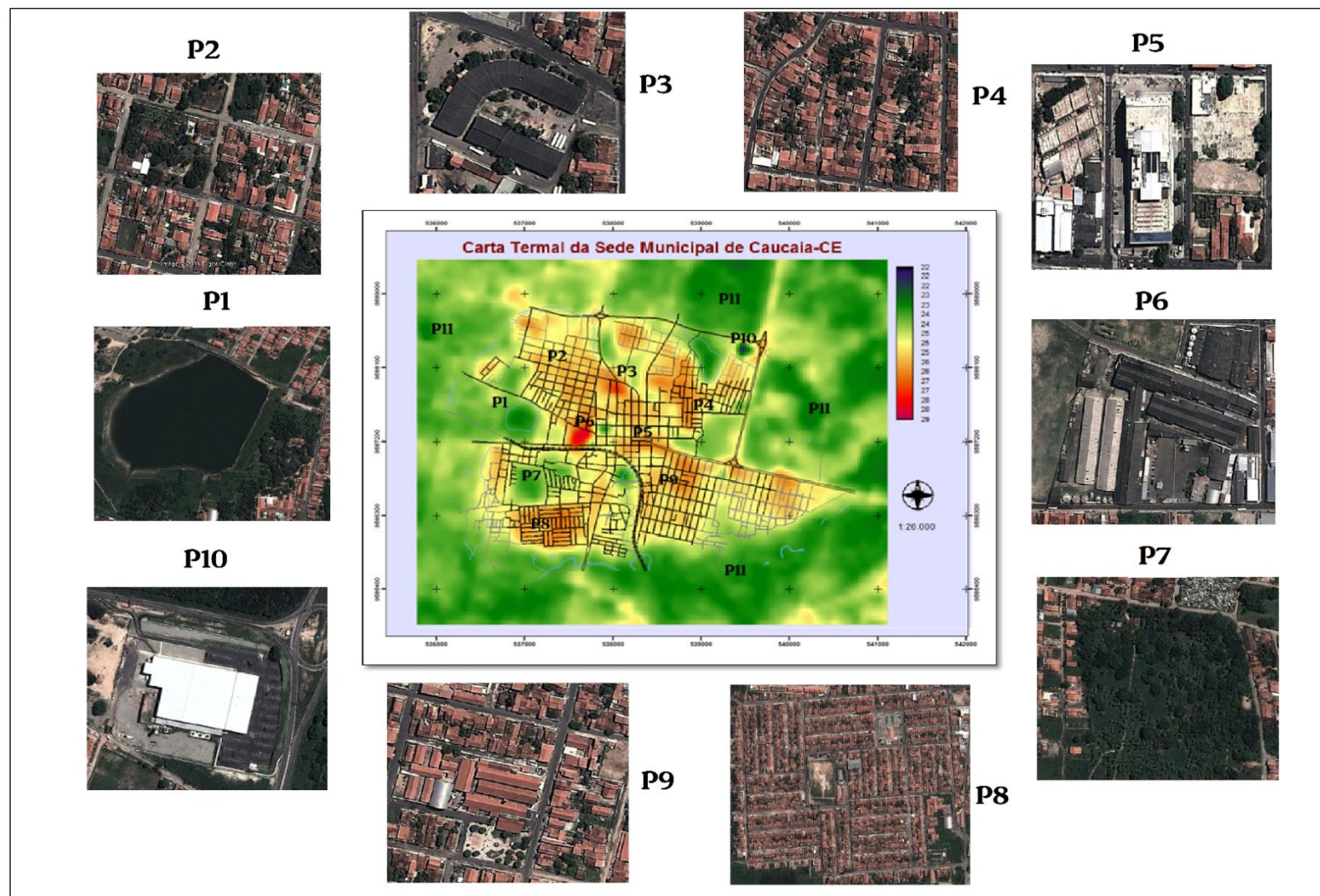
Os pontos P1, P6 e P11 mostram o efeito da temperatura em superfícies aquáticas e vegetadas. Nele encontramos o valor de aproximadamente 23°C. Esses locais são onde identificamos as zonas quatro, sete e oito, respectivamente, na carta de uso do solo. Assim, devido à baixa presença de material construtivo, com vegetação consolidada, tem-se temperaturas de superfície mais amenas quando comparadas com os demais pontos de referência.

O P2 registrou temperaturas de aproximadamente 26°C. Nesse ponto evidenciamos o efeito dos materiais construtivos, sobretudo, aqueles destinados a materialização das residências. Como existe presença de vegetação concentrada, percebemos que esse acumulado diz respeito ao processo de aquecimento diurno, sem desvios positivos em função do excesso de carga construtiva. Basicamente nesses pontos encontramos matérias de cerâmica vermelha nos telhados.

Considerando os pontos P3, P6 e P10 evidenciamos a atuação dos grandes telhados no aumento ou diminuição das temperaturas de superfície. Devido ao baixo albedo e a alta emissividade os pontos P3 e P6 foram os que apresentaram maiores temperaturas. Enquanto que o P3 apresentou o total de 28°C no teto da rodoviária, o P6 alcançou a cota de 29°C. Este ponto é situado em uma indústria que possui grande exposição de materiais construtivos, com telhado de fibrocimento, evidenciando a maior temperatura encontrada na imagem. Contrariamente, o P10 apresentou a menor temperatura (22°C) devido ao tipo dos telhados, favoráveis a dispersão de calor, ou seja, alta emissividade de calor e alta refletância dos raios solares.

Os pontos P4, P5, P8 e P9 apresentam as maiores temperaturas em bairros residenciais, medindo aproximadamente 27°C e 28°C. P4, P8 e P9 são os bairros Itambé, Planalto Caucaia e Parque Soledade. Pode-se perceber uma relação com temperaturas de superfície elevadas para bairros com alta densidade de construções e baixa consolidação da vegetação. Já o P5 só diferencia-se pela função urbana, pois o mesmo representa o Centro da cidade. Nota-se que não existe uma diferença muito nítidas de temperatura de superfície entre os pontos. Denotando o efeito negativo das temperaturas em bairros residenciais.

Figura 22 - Carta Termal da sede urbana de Caucaia-CE. Organização: Autor





CAPÍTULO 04:

***Análise episódica sobre as características
térmicas do clima urbano de Caucaia-CE***



05 – Análise episódica sobre as características térmicas do clima urbano de Caucaia-CE

Neste capítulo discutiremos os dados coletados nos trabalhos de campo. Elucidaremos a relação entre a dinâmica da atmosfera regional com os dados termohigrométricos, bem como as taxas de aquecimento e resfriamento. Essas taxas são calculadas através de uma adaptação analítica seguindo Galvani e Lima (2012).

Basicamente, utilizamos o transecto móvel como possibilidade de avaliar o comportamento da temperatura e da umidade do ar no início do período diurno, antes do recebimento de radiação solar, bem como no início do período noturno, quando há influência da emissividade terrestre. Com isso, identificamos as configurações do clima local. Ao passo, que contrastamos com os dados dos pontos fixos, com intenção de identificar o comportamento de microclimas característicos da cidade. Vale destacar que na análise microclimática, foi dada preferência para os ambientes externos, de função residencial. Pois esta função é uma marca considerável, como foi visto no capítulo anterior, nas zonas de uso e ocupação.

Portanto, escolhemos dois episódios inseridos na quadra chuvosa para identificar contrastes nas características termohigrométricas. O primeiro episódio ocorreu no verão austral (Janeiro) e o segundo no outono austral (Maio).

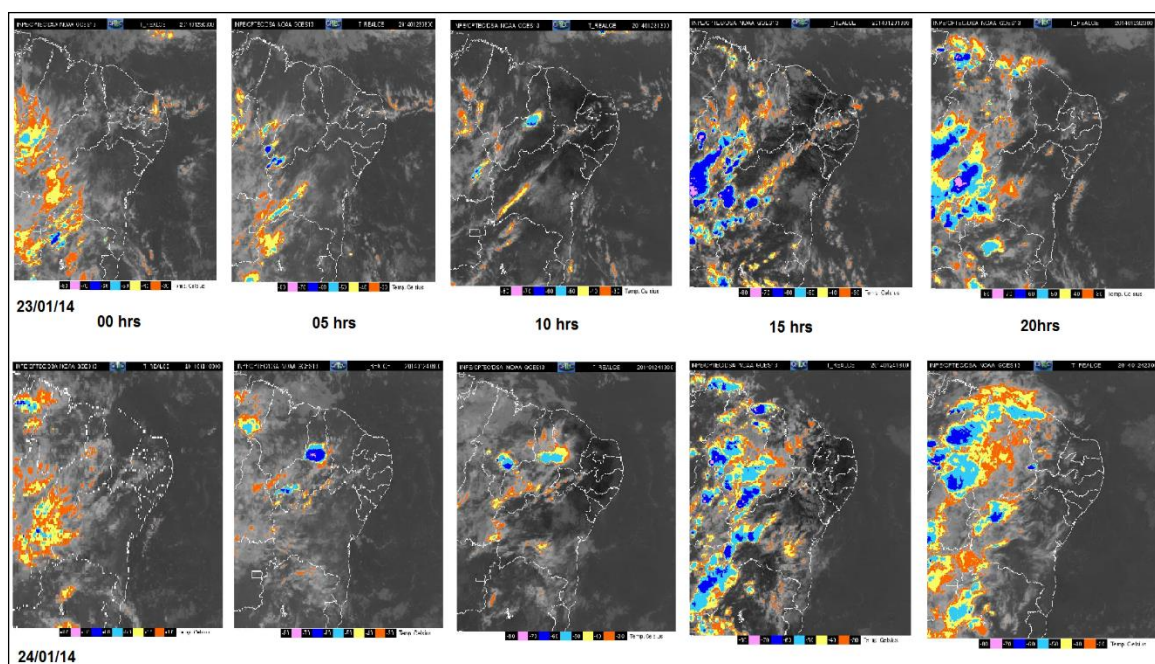
5.1 – Episódio de Verão – 23 e 24 de Janeiro de 2014

5.1.1 – Características dos sistemas sinóticos atuantes

A dinâmica atmosférica para esse período do ano é caracterizada pela pré-estação chuvosa. Para esse período, alguns sistemas atmosféricos secundários causadores de chuva atuam sobre o nordeste do Brasil dando início ao período sazonal das precipitações para essa região. Logo, a ocorrência de VCAN's, CCM's e LI's são comuns para o período do ano, trazendo chuvas intensas, porém, de curta atuação espacial.

Através de interpretações das imagens do satélite GOES 13, constatamos a atuação desses três sistemas atmosféricos no mês de Janeiro. Especificamente, para o primeiro dia do experimento, a atmosfera regional na faixa atlântica do Ceará, se apresentou de maneira estável durante o período diurno. A partir do final da tarde, houve o incremento de nebulosidade, sobretudo, por conta de uma linha de instabilidade que se estendeu por quase todo litoral cearense.

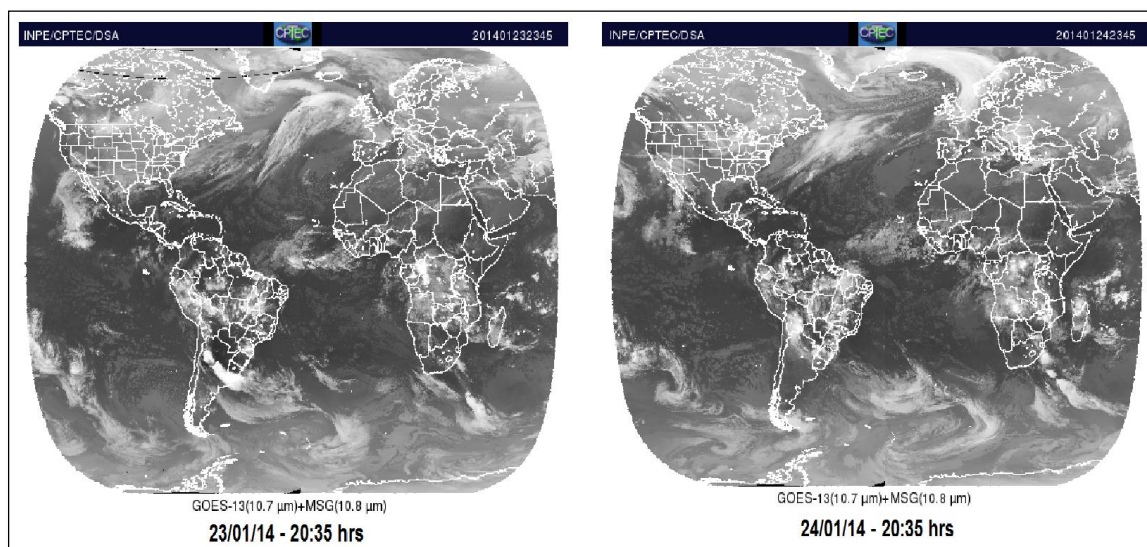
Figura 23 - Compilação de cenas em realce do GOES 13 da atmosfera regional do Nordeste para os dias 23 e 24/Jan/2014. Fonte: CPTEC



A Figura 23 nos apresenta uma situação característica da pré-estação chuvosa, a nível de atuação dos sistemas atmosféricos, com o deslocamento da ZCIT para o sul da linha do equador. Percebe-se que além do território cearense, há nas imagens, uma grande nebulosidade sobre os estados do Pará, Maranhão e Piauí, principalmente quando considerado o período noturno. Como o episódio de análise foi no verão, observa-se uma grande incidência de radiação solar. Isto acaba influenciando na formação de nuvens do tipo cúmulos, desenvolvendo-se com maior intensidade no período da tarde, quando a atividade convectiva é maior (FERREIRA e MELLO, 2005, p.25), criando condições propícias para chuva na parte da noite. Assim, tem-se a caracterização do sistema atmosférico secundário LI's.

Também verificamos, através das imagens de junção dos satélites GOES e MSG (canal do infravermelho), que a ZCIT ainda não avançava sobre o território cearense (Figura 24). Porém, esse sistema no período estudado, já se encontrava atraído pela floresta amazônica, devido ao grande aporte de umidade que a mesma apresentava.

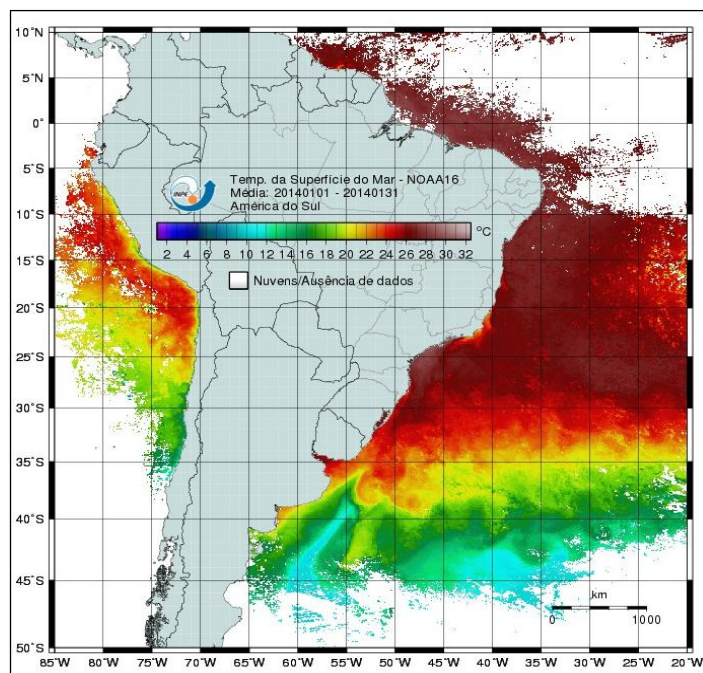
Figura 24 - Imagens dos satélites GOES-13 e MSG nos dias 23 e 24/Jan/2014 às 20:45hrs (local). Fonte: CPTEC



Portanto, o mês Janeiro de 2014 apresentou intensa nebulosidade durante os dias, predominando chuvas isoladas no período da noite e início da manhã.

Tendo em vista outras conexões relacionadas a formação de nebulosidade para o episódio em questão, o Prognóstico da Quadra Chuvosa, emitido pela FUNCEME, apresentou um elemento importante para compreender a dinâmica atmosférica no período. Segundo o relatório, houve um processo atmosfera-oceano, capaz de explicar a intensa nebulosidade. Segundo ele, “a TSM no Atlântico Tropical, nos primeiros dias de janeiro de 2014, apresentou uma pequena tendência de aquecimento ao sul e resfriamento ao norte do Equador” (FUNCEME, 2014, p.2). Através da imagem do satélite NOAA-16 (Figura 25) podemos constatar como se caracterizou, em média, a temperatura do oceano, variando entre 30°C e 32°C. Com isso, evidenciando a influência da TSM na produção de nuvens que chegam a faixa atlântica do estado do Ceará.

Figura 25 - Mapa de Temperatura da Superfície do Oceano Atlântico - Média mensal de Jan/2014. Fonte: CPTEC.



Assim, pode-se averiguar, em concordância com a dinâmica atmosférica regional para o período analisado, que os tipos de tempo evidenciado nesse episódio apresentaram alta nebulosidade. Havendo precipitações em forma de pancadas de chuva, concentradas durante anoite e no início da manhã.

5.1.2 - Características Termohigrométrica através de transecto móvel.

Para a realização do trabalho de campo com a metodologia de captação de dados móveis é necessário que ocorra condições favoráveis (Estabilidade atmosférica - sem precipitação e baixa velocidade do vento). A partir desse pressuposto e devido às instabilidades atmosféricas ocorridas no mês de Janeiro de 2014, o experimento só foi realizado ao final do mês. Assim, realizamos o trabalho de campo no dia 24/01/2014 às 06hrs e 19hrs. Nesses dois momentos, as condições do tempo atmosféricos se encontra sob média nebulosidade, sem ocorrência de chuva pelo percurso. As condições de vento apresentaram-se na forma de calmaria. Mas, vale destacar, que pelo fato da cidade está localizada relativamente próximo ao Oceano, e não haver uma forte rugosidade da superfície, o vento, aparentemente, apresenta-se de forma constante.

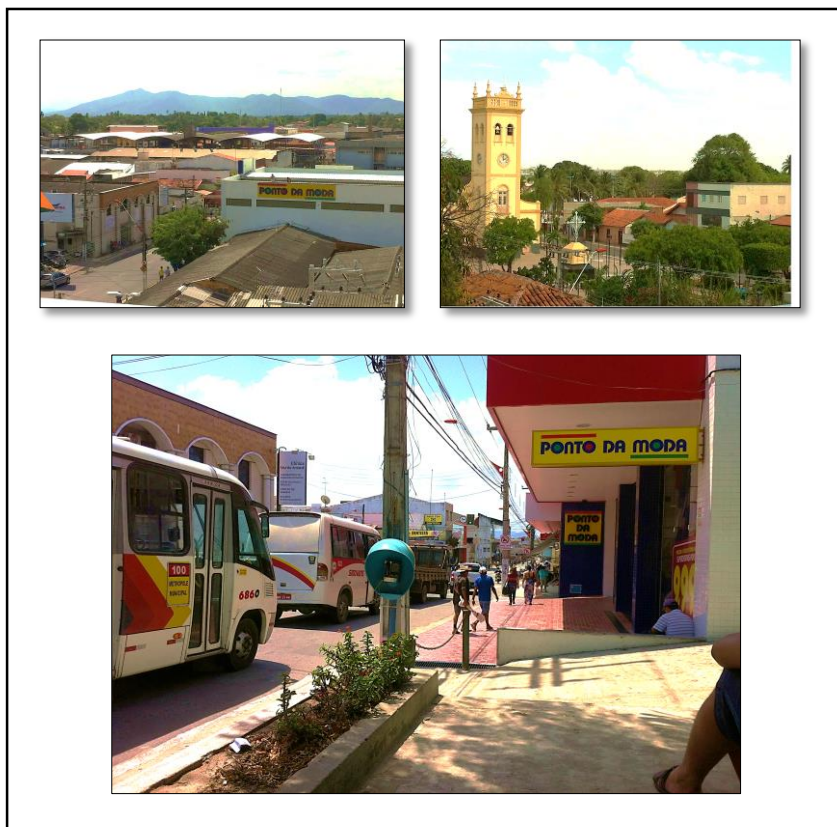
O percurso foi traçado de acordo com o zoneamento das tipologias de uso e ocupação anteriormente definidas, bem como por bairros que apresentaram distintas respostas térmicas encontradas na Carta Termal. O resultado encontrado com a compilação desses dados, evidenciou um conjunto de microclimas diferenciados, formando um clima local clássico de áreas urbanas.

Inicialmente, no período da manhã, quando a urbe não encontrava-se sob influência da radiação solar, a umidade do ar se manteve em alto patamar, de forma homogênea pelo percurso, variando na casa dos 70%. A temperatura variou entre 27°C e 28°C. As diferenças termohigrométricas no entorno do percurso foi considerada baixa. A temperatura do ar apresentou uma diferença de 1,3 °C e a umidade do ar registrou uma diferença de 5%. Apesar das amplitudes termohigrometrica serem baixas, quando associadas as tipologias de uso e ocupação, verificamos que o a urbe já apresenta diferenças de padrão microclimático (Figura 26).

Nas adjacências da cidade, sem a influência da massa edificada – considerado na pesquisa como zona rural – encontramos a temperatura mais baixa (26,9°C) e a maior taxa de umidade (71%). Como a entrada no intraurbano, houve um aumento progressivo da temperatura e uma leve diminuição da umidade. Nos bairros Novo Pabussú, Grilo e Jardim Santa Isabel as linhas de temperatura e umidade variaram de acordo com a presença da vegetação. Por exemplo, nos bairros que possuem uma maior presença de vegetação, a temperatura, sobretudo, apresentou baixa variação. A variação das amplitudes termohigrométrica intraurbana para esses bairros, foi de no máximo 0,6°C e 4%.

Com a entrada do transecto móvel em bairros com alta densidade de edificações, notou-se um leve aumento da temperatura e diminuição da umidade. Nos bairros Itambé e Centro encontramos as maiores temperaturas, bem como as menores umidades. No Itambé as temperaturas foram semelhantes aos bairros anteriores, porém foi nesse bairro que encontramos a menor taxa de umidade, no total de 66%. Já no Centro, encontramos a maior temperatura, na casa dos 28,2°C. Este bairro, de acordo com os usos, apresenta a maior diversidade de funções urbanas (FIGURA 27). Evidenciando como as áreas de intenso fluxo urbano tendem a apresentar maiores temperaturas e menores umidades.

Figura 26 – Registros Fotográficos do Centro de Caucaia. Fonte: Autor.



Finalizando o percurso da manhã, notou-se a importância da vegetação para a diminuição das temperaturas. No bairro Vila Cazé, caracterizado por apresentar baixa massa edificado e intensa presença de vegetação arbórea, notamos uma queda da linha da temperatura. A temperatura registrada nesse bairro foi de 27,4°C, com umidade de 68%. No contraste térmico, o bairro vizinho – Planalto Caucaia – apresentou uma alavancada da temperatura chegando a 27,9°C. Este bairro apresenta baixa quantidade de vegetação arbórea e intensa massa edificada.

Figura 27 - Transecto Móvel para o episódio de Verão às 06hrs de 23/Jan/2014. Organização: Autor

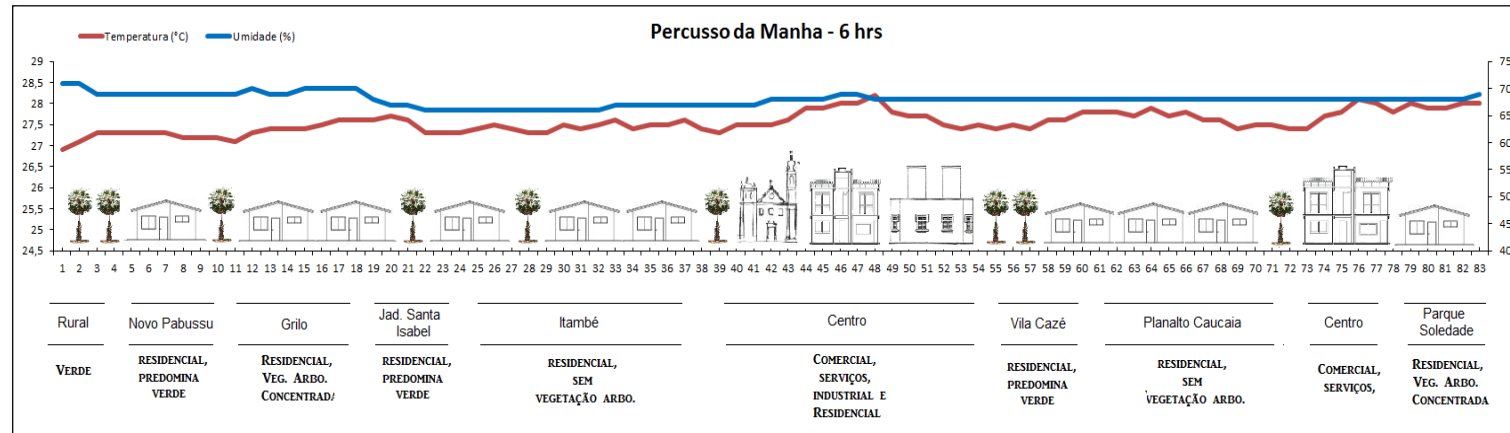
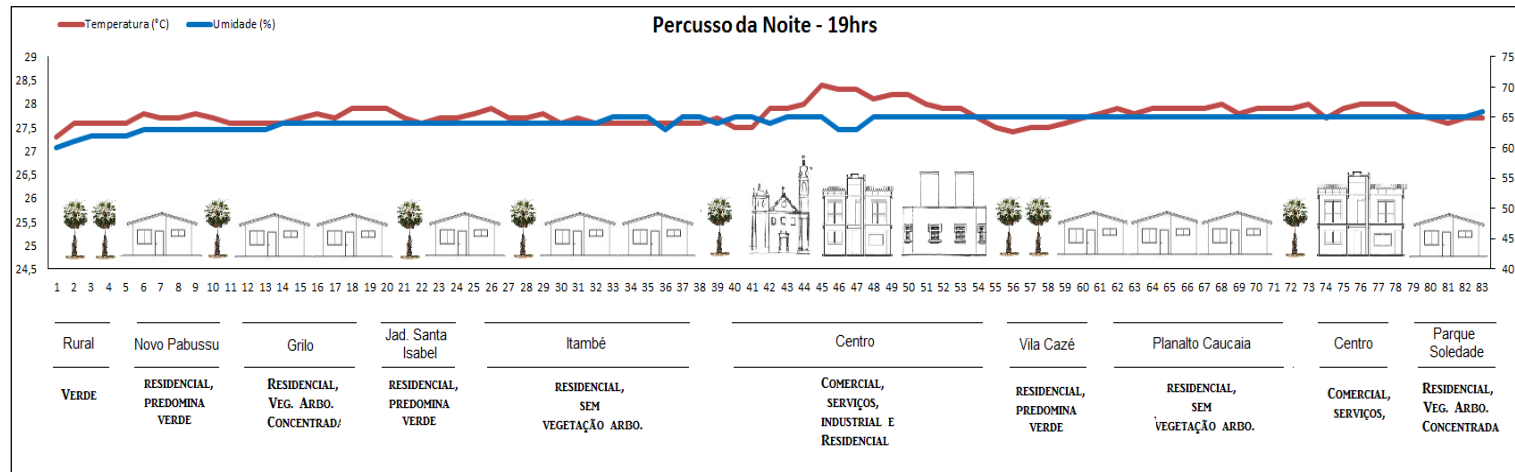


Figura 28 - Transecto Móvel para o episódio de Verão às 19hrs de 23/Jan/2014. Organização: Autor



Já no percurso da noite, observamos que os valores de umidades foram menores do que na manhã, porém elas se mantiveram homogêneas por grande parte do percurso. As temperaturas se comportaram levemente semelhante ao período da manhã. A variação das amplitudes termohigrométricas foi de 1,1°C e 5%.

No setor rural encontramos as menores temperaturas e umidades, respectivamente 27,3°C e 60%. Na primeira parte do percurso, caracterizada por ser de função residencial, variando em função da presença de vegetação, encontramos uma homogeneidade dos elementos climáticos analisados. Assim nos bairros Novo Pabussu, Grilo, Jardim Santa Rosa e Itambé as temperaturas ficaram entre 27,6°C a 27,9°C e as taxas de umidades ficaram entre 62% a 65%.

Destaca-se que foi no Centro da cidade que encontramos o efeito de acumulação de calor pelos materiais construtivos. De acordo com a diferença térmica intraurbana, o centro apresentou a maior amplitude do experimento, chegando a casa de 1°C. Segundo a linha da temperatura no gráfico (Figura 27), percebe-se a condição clássica de uma ilha de calor, com temperaturas altas e umidades baixas, quando comprado as áreas adjacentes. A confirmação se efetivamente, quando o transecto móvel passa pelo bairro Vila Cazé. Nele encontramos a menor temperatura intraurbana (27,4°C), evidenciando que as áreas com vegetação arbórea em grande quantidade e baixa densidade de construção são mais amenas termicamente

No final das medições, a atmosfera regional se encontrava propícia a formação de chuva devido as LI's. A nebulosidade, como foi visto anteriormente, se encontrava muito alta. Ao passo que algumas horas após a finalização do experimento, houve a ocorrência de precipitação sobre a cidade. Este fator, portanto, foi responsável pela homogeneização das umidades durante as medidas móveis nesse dia, bem como pelas pequenas diferenças de temperatura entre os pontos estudados.

5.1.3 - Características Termohigrométrica através de medidas pontuais em residências.

Como possibilidade de análise sobre os diferentes microclimas na urbe de Caucaia, realizamos medições pontuais em quatro (4) pontos distintos.

Basicamente foram escolhidos pontos em quintais de residências nos bairros: Grilo, Itambé, Planalto Caucaia e Parque Soledade. Esses bairros possuem essencialmente, a função residencial, variando de acordo com a densidade de construções e presença de vegetação arbórea (vide o capítulo 04).

Na análise, temos um perfil de 48hrs de medições, começando as 00hrs de 23/01/2014 e finalizando as 23:50 do dia 24/01/2014. Pretendemos enfocar, com a análise das medidas fixas, o ritmo diurno e noturno dos diferentes microclimas urbanos, afim que se possa compreender efetivamente a dinâmica térmica da cidade em diferentes níveis de abordagens metodológica no estudo das condições termodinâmicas nas cidades. Mas vale salientar a dificuldade em realizar tais medições. Em função da disponibilidade de instrumentos, bem como a segurança dos mesmos, optamos por instalar os abrigos meteorológicos em bairros essencialmente residências. Logo, não foi possível averiguar o bairro Centro por falta de locais seguros e por apresentar poucas residências propícias para o estudo.

Analisando o ritmo horário dos dados registrados pelos os miniabrigos através dos gráficos 02 e 03 verificamos que nas primeiras horas do dia 23/01 as temperaturas estavam aproximadamente 25°C a 27°C. Os valores de umidades ficaram na casa dos 70% a 80% sem diferenças muito expressivas. No início das mediações, às 00hrs a variação entre os pontos era de 1°C.

Nesse momento o ponto do Grilo mediu 26,9°C, já o ponto do Planalto Caucaia registrou 27,9°C. Com o passar das horas, considerando a emissividade de calor dos materiais construtivos, encontramos as 6hrs uma variação de 1,3°C e 2% entre os pontos Parque Soledade e Planalto Caucaia, medindo respectivamente 25,2°C e 26,5°C. Com efeito, para a madrugada do dia 23, os quintais caracterizados por possuírem superfícies pavimentadas, apresentaram-se mais quentes do que os quintais com superfície não permeabilizada. Assim os pontos do Planalto Caucaia e Itambé, apresentara-se com as maiores temperaturas do que os pontos do Grilo e Parque Soledade.

Já no período da manhã (06 às 12hrs) registramos o aquecimento da temperatura do ar e diminuição das taxas de umidade do ar, seguindo o modelo de aquecimento da superfície terrestre pelo sol. Os quintais do Grilo e Parque Soledade registraram uma acentuada elevação da temperatura, ao passo que às 10:30hrs verificamos que esses dois pontos apresentavam de 2°C a 1,5°C mais

quentes que os demais pontos. Pudemos verificar que em função do efeito sombra pela manhã, nos bairros Planalto Caucaia e Itambé foram essenciais para manter a diferença apontada.

No turno da tarde do dia 23, das 12 às 18hrs, verificamos as maiores diferenças entre os pontos. No período das 13:40hrs o ponto do Parque Soledade apontou a maior temperatura do ar para esse dia, medindo 36°C. O ponto do Itambé apresentou a menor temperatura, medindo 33,3°C. Já os pontos Planalto Caucaia e Grilo registraram 34,5°C. Com o avançar da tarde, verificamos uma queda temporária das temperaturas no Grilo e Parque Soledade. Esta queda deu-se em função da alta nebulosidade para o período das 14 às 16hrs. Também destaca-se o ponto do Planalto Caucaia que apresentou pouca variação em sua tendência de aquecimento durante o período diurno. Tendo em vista que esse ponto, apresentou um quintal de pequena proporção, havendo um sombreamento efetivo de toda sua área.

No período noturno, entre os dias 23 e 24, verificamos uma queda de temperatura semelhantes entre os pontos do Grilo e Parque Soledade. O ponto do Itambé apresentou o sombreamento mais efetivo entre os pontos, tendo em vista aqui nesse ponto, a superfície era pavimentada. Mas o destaque é para o ponto do Planalto Caucaia, que apresentou uma lenta queda de temperatura, quando comparado com os demais pontos.

Para o segundo dia de experimento, evidenciamos um padrão muito semelhante ao primeiro. Os pontos se apresentaram diferenças parecidas com a o avançar dia. Mas vale destacar, no período da tarde, uma acentuada queda de temperatura nos pontos do Grilo e Parque Soledade, em função da nebulosidade, gerando o contato direto com os raios solares. Assim como o ponto do Planalto Caucaia, que mais uma vez, apresentou uma queda lenta e gradual da temperatura.

Basicamente, nas medições com os pontos fixos, encontramos as máximas amplitudes termohigrométricas diárias na ordem dos 10,5°C e 36%. Assim os pontos de maiores temperaturas foram o Parque Soledade, apresentando a cota 36°C às 13:50hrs no dia 23/01/2014. E o ponto do bairro Grilo na manhã do dia 24/01/2014 às 06hrs (Gráfico 02). Vale destacar que nos dois momentos diurno do experimento, houveram quedas bruscas das linhas de temperatura, em função da alta nebulosidade.

Gráfico 02 – Associações de Temperatura do Ar entre os pontos de coleta nos dias 23 e 24/Jan/2014

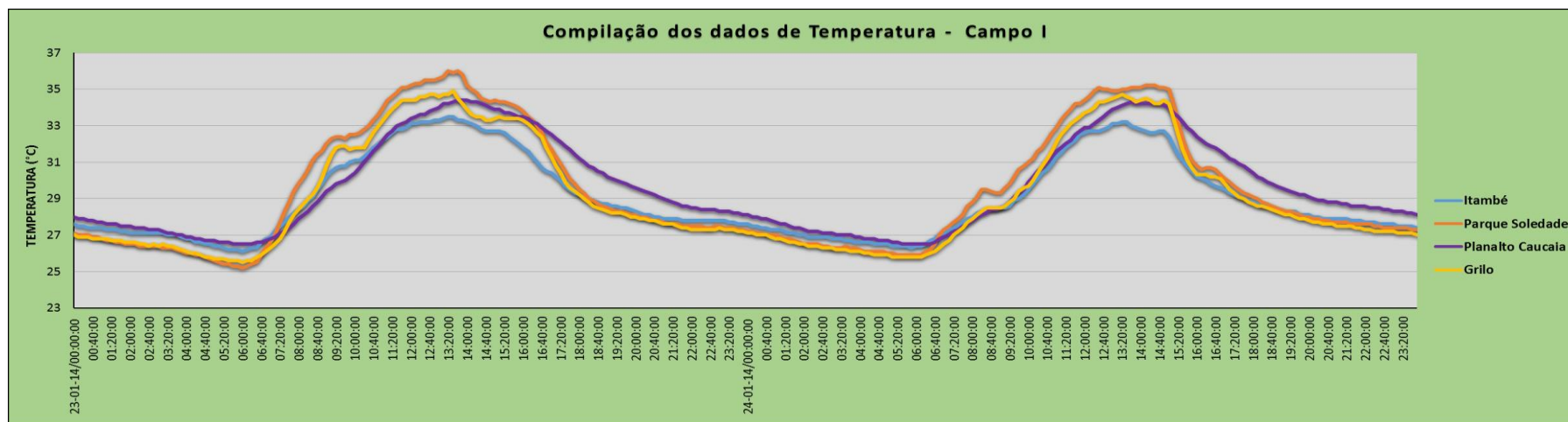
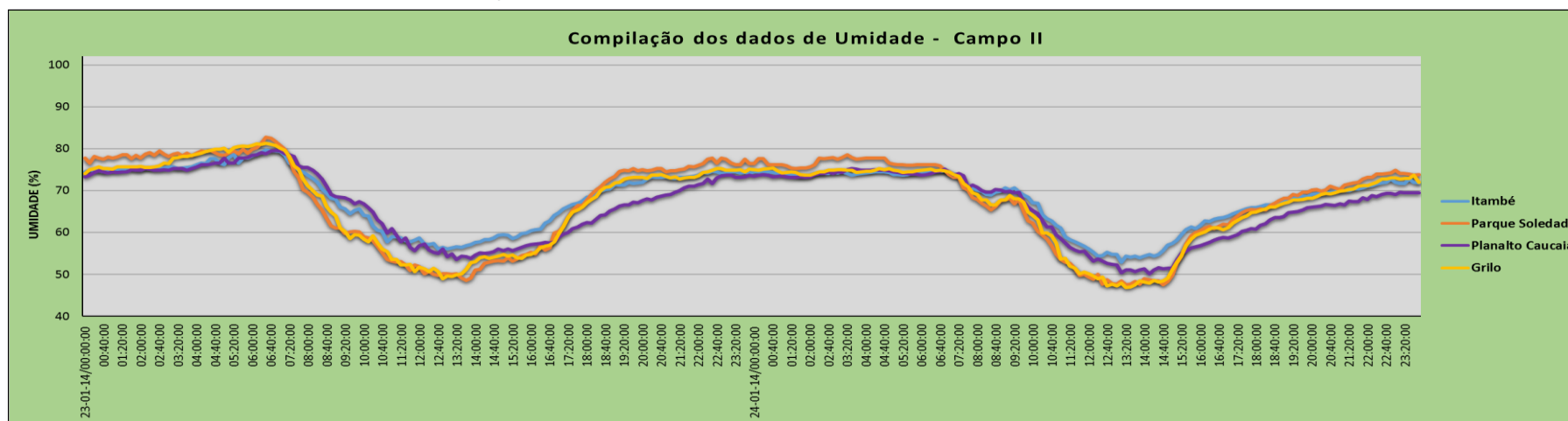


Gráfico 03 – Associações de Umidade do Ar entre os pontos de coleta nos dias 23 e 24/Jan/2014



Já as menores marcas de temperatura foram encontradas durante o período noturno, principalmente nos momentos antes do nascer do sol. Para esse período os bairros Parque Soledade e Grilo apresentaram respectivamente 25,5°C e 25,8°C. O primeiro foi registrado no dia 23/01/2014 às 06hrs e o segundo foi registrado no dia 24/01/2014 também as 06hrs.

Nota-se que os pontos do Parque Soledade e Grilo apresentaram os maiores picos positivos e negativos. Isso ocorreu devido a influência da incidência de raios solares sobre o miniabrigo. No ponto do Parque Soledade, encontramos uma problemática que merece destaque. Dentre todos os pontos de medições pontuais, este foi o local onde não havia vegetação arbórea no interior da residência. Em função da nossa limitação para com os equipamentos, nossas bases de sustentação dos miniabrigos foram árvores, de porte médio a alto. Como nesse local não havia esse tipo de sustentação, instalamos o miniabrigo sobre direta incidência do sol. Ou seja, os extremos de temperatura verificada nesse ponto, ocorreu em função da falta de sombra. Evidenciando a potencialidade do sombreamento na manutenção de ambientes com temperaturas amenas.

As maiores taxas de umidade foram encontradas durante o período da noite, considerando o modelo geral de resfriamento da superfície. Os pontos com maiores taxas foram o Parque Soledade com 82% e o Grilo com 80%, ambos registrados na madrugada do dia 23/01/2014. Esses mesmos pontos foram os que registram a menores taxas no dia 24/01/2014 às 13:30hrs, medindo 47% ambos (Gráfico 03).

Através do cálculo do resfriamento noturno e aquecimento diurno podemos inferir diferenciações térmicas. A taxa de aquecimento para o primeiro dia de experimento apresentou os maiores acumulados. Tendo em vista a Quadro 06, o Parque Soledade apresenta maior aquecimento, com o acréscimo de 10,8°C durante o dia. Já o ponto do Itambé apresenta a menor taxa de aquecimento. Este ponto é localizado em um conjunto de residências, na forma de um condomínio fechado. Assim, o microclima neste local apresenta-se influenciado pela vegetação arbustivo-arbórea do “nim” - *Azadirachta indica* (Figura 29).

Quadro 06 – Taxa de Aquecimento Diurno e Resfriamento Noturno para o Episódio de Verão

	Taxa de aquecimento (23/01)			Taxa de resfriamento (23-24/01)			Taxa de aquecimento (24/01)		
Pontos	06hrs	13:40hrs	Total (°C)	18hrs	6hrs	Total (°C)	06hrs	13:40hrs	Total (°C)
Itambé	26,5	33,3	6,8	29,2	26,4	2,8	26,4	33	6,6
Parque Soledade	25,2	36	10,8	29,5	25,9	3,6	25,9	35,1	9,2
Planalto Caucaia	26,5	34,4	7,9	31,2	26,5	4,7	26,5	34,3	7,8
Grilo	25,5	34,5	9	29,2	25,8	3,4	25,8	34,5	8,7

Figura 29 - Local de instalação do miniabrigo no ponto Itambé: Fonte: Autor



Considerando a taxa de resfriamento noturno temos condições interessantes. O Planalto Caucaia apresentou a maior perda térmica na noite, chegando ao montante total de 4,7°C. Este ponto também chama atenção pelo fato de durante a noite, manter-se com temperaturas elevadas quando comparado com os demais pontos. Tem-se um processo de resfriamento lento e gradativo. Isto ocorre devido ao processo de aprisionamento de calor, em consequência do tamanho do quintal (Figura 30)

Figura 30 - Local de instalação do miniabrigo no ponto Planalto Caucaia: Fonte: Autor

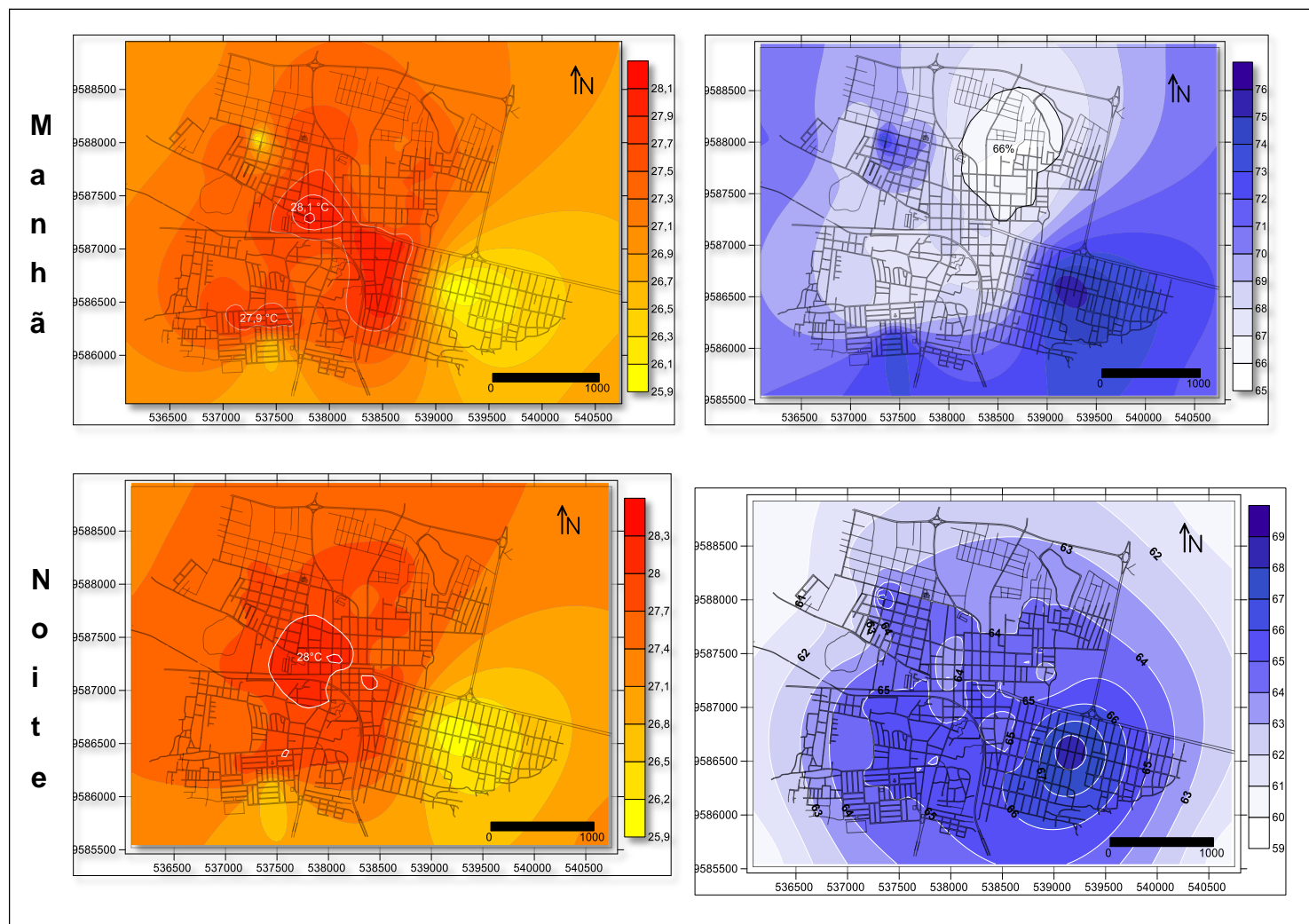


Os pontos do Grillo e Parque Soledade apresentam praticamente a mesma taxa de resfriamento, pois ambos localizam-se em quintais amplos, sem pavimentação. Nota-se também uma baixa taxa de resfriamento no bairro Itambé.

As taxas de aquecimento para o dia 24 foram menores do que o dia anterior, devido a nebulosidade ocorrida no período da tarde. No geral a diferença não alta, porém destaca-se a diferença de $1,6^{\circ}\text{C}$ para o bairro Parque Soledade.

Para finalizar esse episódio, realizamos também uma associação entre os dados dos transectos móveis com os do miniabrigos fixos e estimamos a temperatura e umidade do ar para o clima local da sede urbana. Na Figura 31 apresenta-se a espacialização das temperaturas e umidades para o dia 23, nos horários de circulação dos transectos móveis. Nele pudemos constatar que o Centro e o Planalto Caucaia, apresentam-se mais quentes que os demais pontos. E o Grilo e Parque Soledade com as menores temperaturas. Esses pontos mais quentes, também apresentaram as menores taxas de umidades. Vale destacar que no bairro Itambé, apresentou-se mais secos do que os demais pontos, devido principalmente ao concentração de construções no trecho selecionado no mapa de espacialização.

Figura 31 - Espacialização das temperaturas no dia 23 (Manhã e Noite)



No período noturno, verificamos que o Centro foi o bairro mais quente, principalmente no setor onde há a presença de uma grande indústria de beneficiamento de bebidas. Neste setor as temperaturas chegaram aos 28°C. Um detalhe curioso, foi que de maneira geral o intraurbano apresentou pouca variação da umidade, porém o interurbano, se apresentou mais seco que o intraurbano.

5.2 - Episódio de Outono – 08; 11 e 12 de Maio de 2014

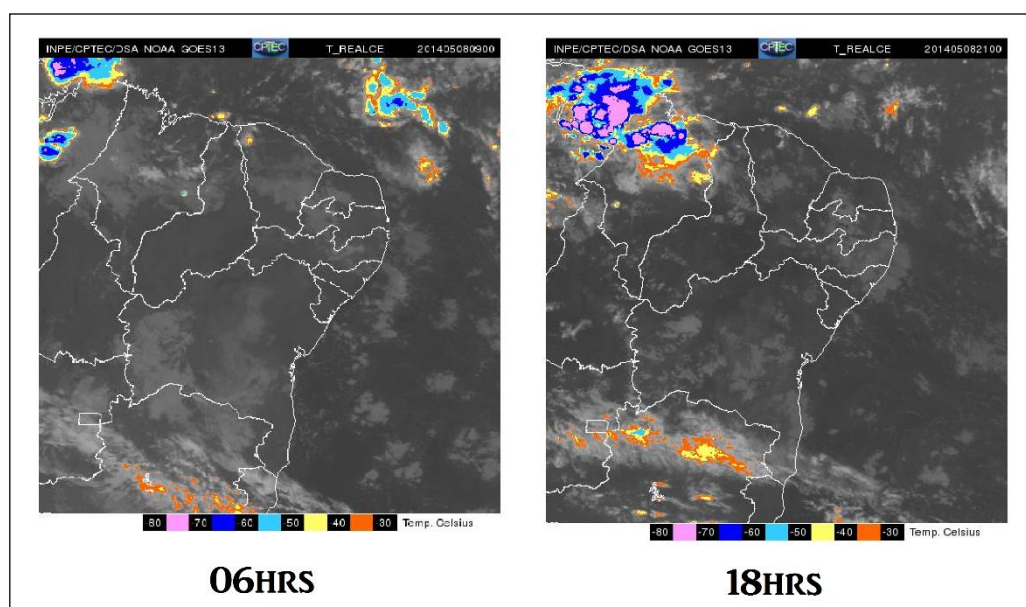
5.2.1 - Características dos sistemas sinóticos atuantes

Para este período analisado, verificamos a atuação do principal sistema atmosférico causador de chuva no Ceará – a ZCIT. Mas devido a predomínio da neutralidade das temperaturas do Oceano Pacífico, para o ano de 2014, a quadra chuvosa apresentou estatísticas voltadas a condições de precipitação abaixo da média. Como apontou a FUNCEME (2014, p.1) “No oceano Pacífico, persiste a condição de neutralidade com predomínio da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) oscilando entre 0°C e -0,5°C, principalmente, no setor leste da bacia equatorial”.

Logo, ocorreu no mês de Maio muitos dias com instabilidade atmosférica. Mas não significa dizer que não houve condições de estabilidade. Então, neste período estudado, escolhemos para realização das medições móveis um dia de estabilidade atmosférica. E para os pontos fixos, escolhemos dias característicos de instabilidades gerado pela ZCIT.

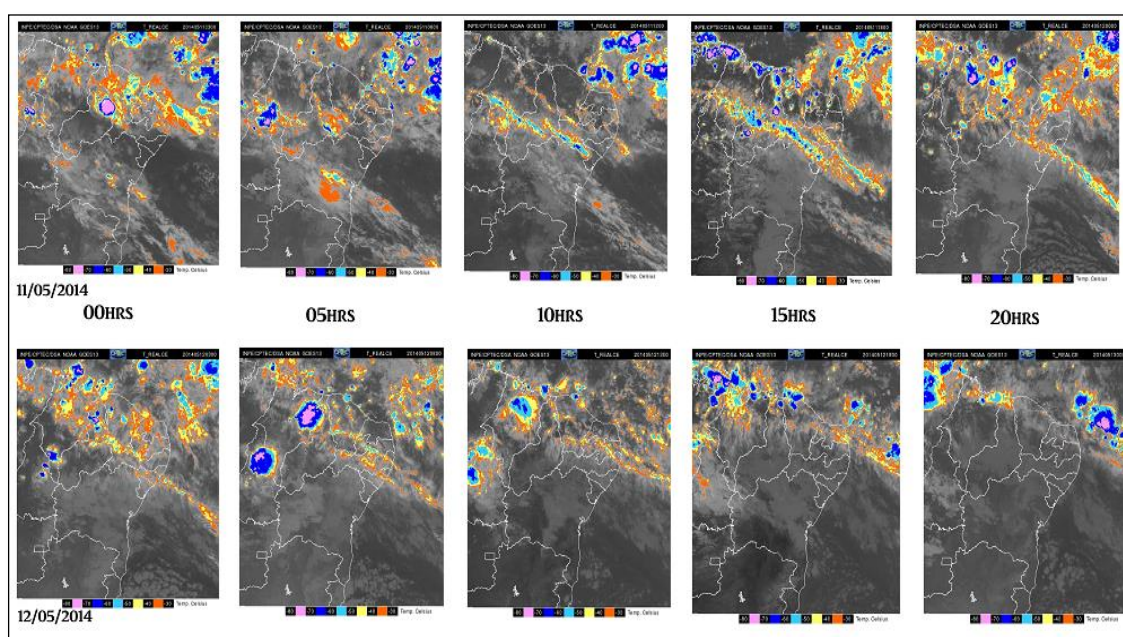
Realizamos o transecto móvel no dia 08/Maio/2014. Para esse dia encontramos condições estáveis da atmosfera para o estado do Ceará, como pode ser visto na Figura 32. Não houve ocorrência de precipitação durante os percursos, apresentando baixa nebulosidade durante todo o dia.

Figura 32 - Condições Atmosféricas do Nordeste no dia 08/05/2014. Fonte: CPTEC.



Já para os dias 11 e 12/Maio/ 2014 evidenciamos intensa instabilidades atmosféricas geradas pela atuação ZCIT (Figura 33). De modo geral, os dias em análise apresentaram uma alta nebulosidade com constantes pancadas de chuva durante o dia e anoite.

Figura 33 - Compilação Imagem GOES 13 para os dias 11 e 12/05/2014. Fonte: CPTEC



5.2.2 - Características Termohigrométrica através de transecto móvel.

As medições móveis para o episódio de outono, nos revelou como em momentos de estabilidade atmosférica podem gerar aumentos nas diferenças termohigrométricas durante o dia. Apesar desse episódio representar instabilidade atmosférica, devido a atuação da ZCIT, o experimento do transecto móvel foi realizado em um dia de estabilidade atmosférica.

Inicialmente, o percurso da manhã apresentou uma tendência de homogeneidade das temperaturas, variando na casa dos 25°C por boa parte do trajeto (Figura 34). A maior amplitude verificada foi de 1,2°C. Essa foi registrada pela a diferença interurbana, ou seja, rural e urbana. No intraurbano encontramos a amplitude máxima de 1,1°C. O Centro da cidade registrou a maior temperatura, medindo 26,1°C. Já o entorno da cidade, não urbanizado, apresentou a menor temperatura, 24,9°C.

Tendo em vista a entrada de nuvens causadoras de chuva na faixa atlântica do Ceará durante o início da manhã, observou-se um aumento da umidade durante o trajeto. No geral, a umidade tem amplitude máxima de 18%. O bairro do Itambé foi o local onde se registrou a menor taxa, medindo 58%. Enquanto nas adjacências da cidade, sem influência dos materiais construtivos, verificamos a taxa de 76%.

Figura 34 - Transecto Móvel para o episódio de Verão às 6hrs de 08/Mai/2014. Organização: Autor

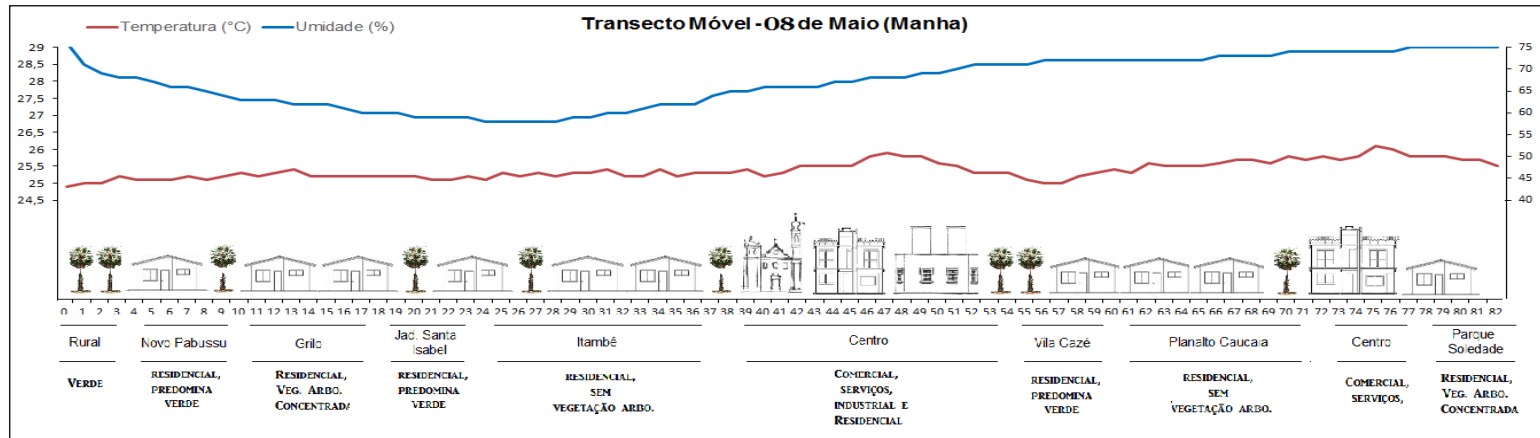
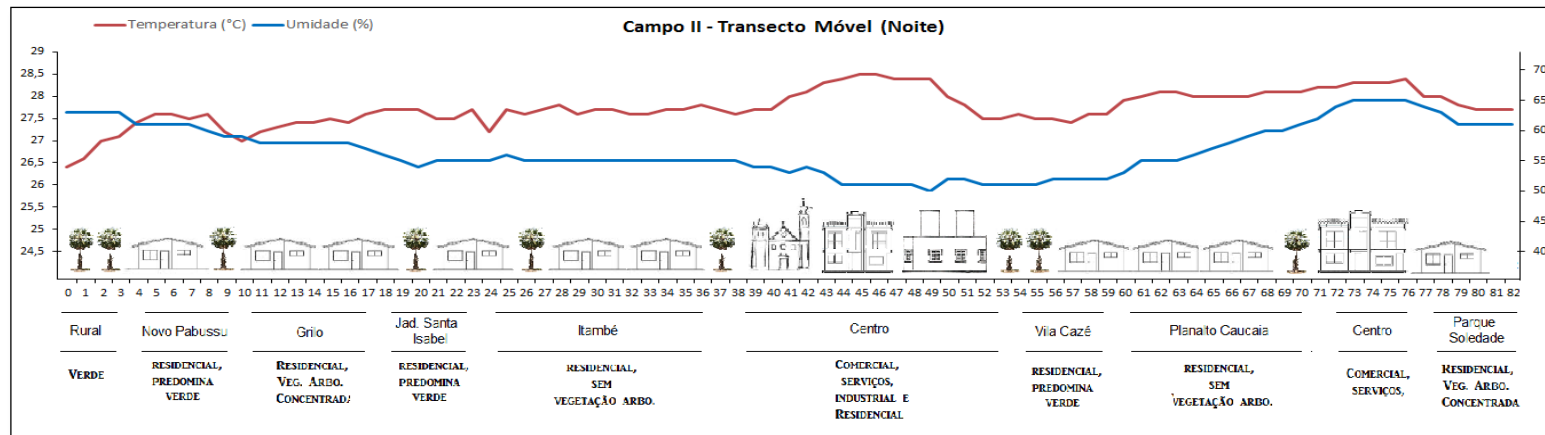


Figura 35 - Transecto Móvel para o episódio de Verão às 19hrs de 08/Mai/2014. Organização: Autor



No trajeto realizado durante a noite, encontramos as maiores diferenças térmicas da pesquisa. Na porção rural da cidade verificamos a temperatura de 26,4°C. Já no Centro da cidade, devido ao efeito da emissividade dos materiais construtivos, encontramos um pico de 28,5°C, formando uma ilha de calor e fraca magnitude de 2,1°C (Figura 34).

A umidade se apresentou inversamente proporcional a temperatura. Nesse percurso evidenciamos uma amplitude de 13%. A menor taxa de umidade registrada foi registrada no Centro, próximo a uma indústria, medindo 50%. E a maior taxa encontrada foi de 63% na parte considerada rural.

Pode-se verificar através da relação com as tipologias de uso e ocupação, que as áreas com vegetação consolidada possuem a capacidade de manutenção de temperaturas amenas. Como evidenciada na transição do Centro (área industrial, comércio e serviços, densamente construída e vegetação arbórea dispersa) com o bairro Vila Cazé (área residencial, pouco construída, predominantemente verde).

Portanto, em condições de estabilidade atmosférica, pode-se verificar maiores contrastes térmicos entre diferentes pontos da cidade. Em se tratando de temperatura do ar no ambiente externo (ruas e avenidas), podemos perceber o Centro é o ponto que registra as ilhas de calor.

5.2.3 - Características Termohigrométrica através de medidas pontuais em residências

Como o episódio retratou o momento característico de maior instabilidade atmosférica para a região estudada. Pudemos averiguar uma homogeneização das temperaturas e umidades durante o perfil estudado (11 e 12/05).

Para o dia 11/05 a maior amplitude entre os pontos de coleta foi às 11:30hrs, medindo 2°C de diferença. Sendo o Parque Soledade com maior temperatura (27,1°C) e a menor temperatura foi registrada no bairro Grilo.

Nota-se também, durante o período diurno, o efeito da chuva como amenizadora das temperaturas. No dia 11/05, no horário das 12hrs, verificou-se chuva, alterando a tendência de aquecimento até então em processo de ocorrência. Logo, após a chuva, com o céu menos nublado, houve uma tendência ao aumento.

Gráfico 04 – Associações de Temperatura do Ar entre os pontos de coleta nos dias 11 e 12/Mai/2014

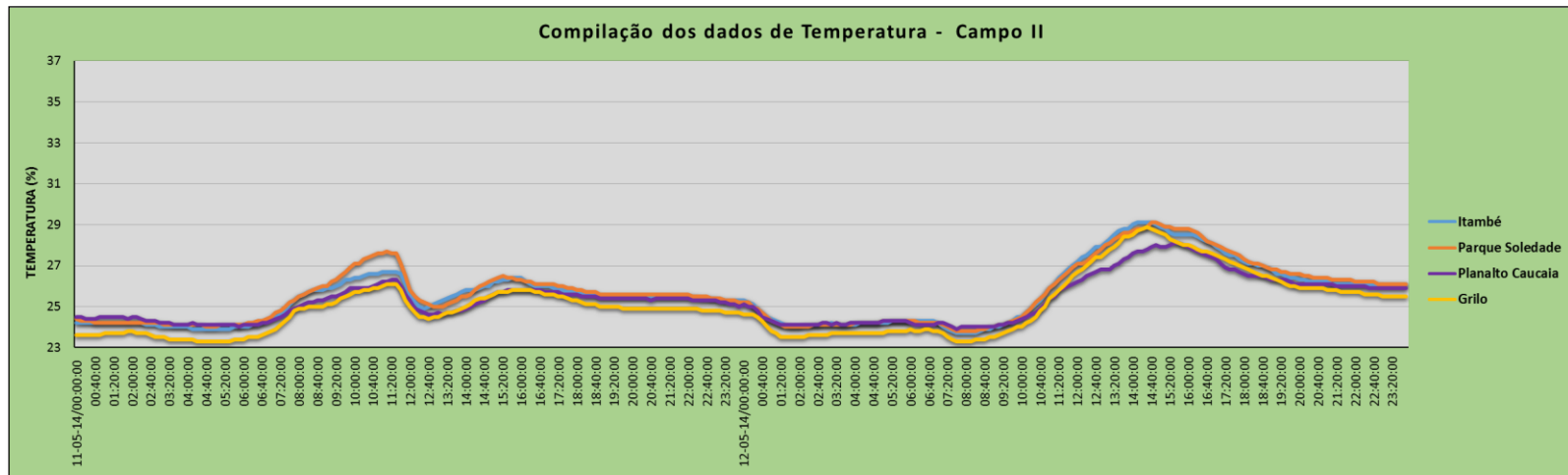
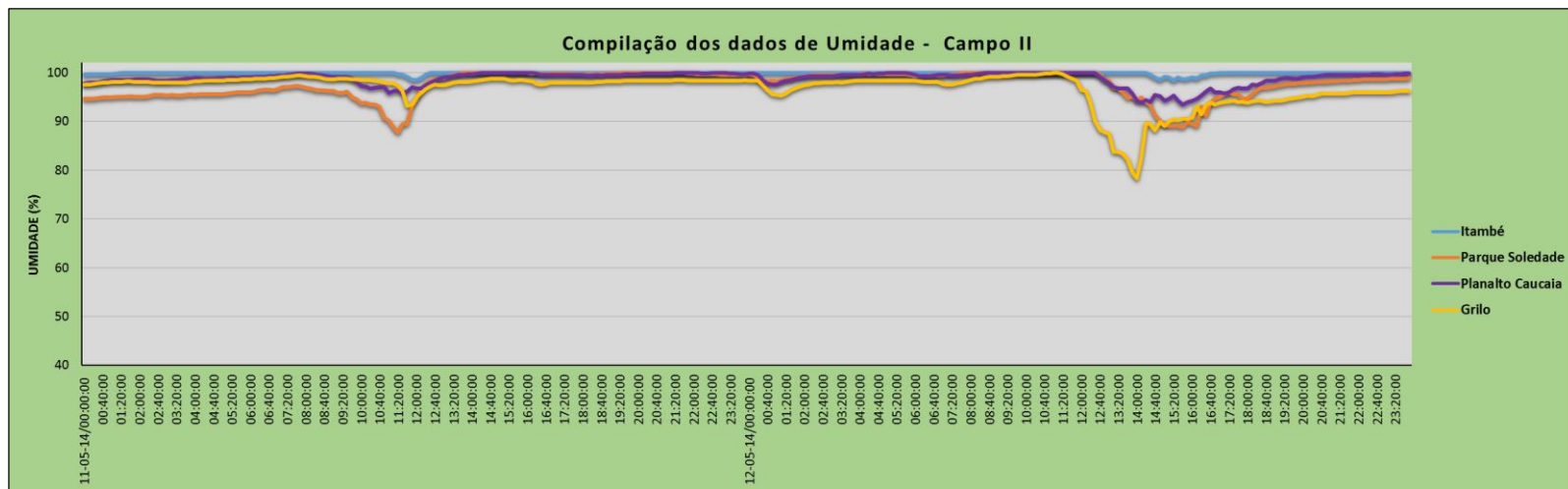


Gráfico 05 – Associações de Umidade do Ar entre os pontos de coleta nos dias 11 e 12/Jan/2014



A umidades não teve muita variação durante o dia. Mas observou-se variações higrométricas com incidência de radiação, devido ao espaçamento das nuvens, gerando o efeito sombra das nuvens sobre a superfície citadina. Foi medido uma diferença máxima de 10% entre os pontos às 11:20hrs. O Parque Soledade apresentou a menor taxa higrométrica (87%), enquanto os demais pontos permaneceram na casa dos 90% de umidade.

No dia 12/05, com condições atmosféricas mais estáveis, foi possível verificar maiores contrastes térmicos. Mesmo sob influência de nebulosidade advinda da atuação da ZCIT, encontramos maiores temperaturas quando comparado com o dia anterior. Porém vale ressaltar que não houve uma diferença alta entre os pontos. Assim, as 14:50hrs os pontos Parque Soledade, Grilo e Itambé apresentaram a temperatura de 28,8°C, evidenciando o caráter homogeneizador da atmosfera. Mas o ponto do Planalto Caucaia se destacou por apresentar a menor temperatura para o mesmo horário, medindo 27,9°C. Logo, nesse ponto verifica-se a influência da vegetação na velocidade de aquecimento, ocorrendo um ganho de temperatura de forma mais gradativa.

Para esse dia, a umidade homogeneizou-se durante o início da manhã, variando pouco entre os pontos. No geral, até as 12hrs ela não passou dos 95%. Ao passo que durante o período da tarde, verificamos as maiores oscilações, principalmente no bairro do Grilo. Neste bairro, verificamos uma amplitude horaria (14hrs) de 21,7%. Constatamos que essa amplitude foi causada pela incidência direta de raios solares nos miniabrigos.

No que diz respeito as taxas de aquecimento diurno e resfriamento noturno, percebe-se, quando comparado com o episódio de verão, menores montantes dos valores (Quadro 07).

Quadro 07 – Taxa de Aquecimento Diurno e Resfriamento Noturno para o Episódio de Outono

Pontos	Taxa de aquecimento (11/05)			Taxa de resfriamento (11-12/05)			Taxa de aquecimento (12/05)		
	06hrs	11:30hrs	Total (°C)	18hrs	06hrs	Total (°C)	06hrs	14:50hrs	Total (°C)
Itambé	24	26,7	2,7	25,7	24,3	1,4	24,3	29	4,7
Parque Soledade	24,1	27,6	3,5	25,8	24,3	1,5	24,3	29,1	4,8
Planalto Caucaia	24,1	26,3	2,2	25,6	24,2	1,4	24,2	28	3,8
Grilo	23,4	26,1	2,7	25,3	23,9	1,4	23,9	28,7	4,8

Considerando o aquecimento do ar e que o período de máxima intensidade da temperatura foi às 11:30hrs, verificamos baixas taxas quando comparado com o episódio de verão. Com o aumento de 3.5°C, o Parque soledade foi o que mais aqueceu, repetindo a mesma posição anteriormente. O ponto de menor aquecimento (2,2°C) foi o Planalto Caucaia, tendo em vista presença da vegetação naquele quintal.

O resfriamento noturno para a transição dos dias 11 e 12/05 se apresentou de maneira homogênea para todos os pontos, mostrando como efeito homogeneizador da ZCIT sobre as temperaturas. O mesmo ocorreu com as taxas de aquecimento diurno no dia 12/05. Com destaque para o ponto do Planalto Caucaia que apresentou um menor aquecimento, de aproximadamente 1°C, confirmando o efeito de amenizador térmico da vegetação sobre o microclima.



Considerações Finais



06 – Resultados e Discussão

O estudo do clima urbano para sede urbana de Caucaia, considerando o subsistema termodinâmico, é inédito até o presente. E também, até o presente, o uso de transecto móvel como procedimento de aquisição de dados é inédito para os estudos de clima urbano no estado do Ceará. Pode-se dizer que este trabalho é pioneiro no uso da técnica no Estado.

Pôde-se evidenciar que a cidade recebe influências vindas da Metrópole de Fortaleza, no tocante a vias de circulação de pessoas e mercadorias. No centro da cidade estão às infraestruturas básicas, como supermercados, comércios, bancos, shopping center etc. Já na porção adjacente, observam-se casas de arquitetura simples, predominando a função urbana residencial com alta densidade de moradias. Estas condições refletem, através do clima como elemento ambiental, variações térmicas e higrométricas no ambiente intraurbano. Logo, a variação de uso e ocupação do solo gera nos atributos do clima alterações, formando diferentes microclima na cidade de Caucaia.

O uso do sensoriamento remoto, através do tratamento de imagens de satélite, possibilitou uma complementação na verificação dos dados primários. Especificamente, o uso da carta termal possibilitou averiguar variações na temperatura da superfície, evidenciando uma amplitude 6°C no período das 10hrs. A menor temperatura de superfície, medindo 23°C, foi encontrada no entorno da cidade, caracterizado pela alta presença de vegetação. E a temperatura da superfície de maior valor foi encontrado na área central da cidade, em uma indústria, caracterizada pela ausência de vegetação, com telhados de fibrocimento.

O zoneamento das tipologias de uso e ocupação revelaram que a Sede Municipal de Caucaia apresenta predominantemente a função de moradias, com muitas zonas de alta densidade demográfica. A vegetação vai variar, considerando sua presença de forma heterogênea, mas consta-se a influência vegetação com o padrão radial de expansão urbana. A medida em que se próxima do centro da cidade, menor será a presença de vegetação. Já nas áreas ao entorno, verifica-se maior presença de vegetação, sobretudo, do padrão arbóreo

Nos experimentos realizados com os transectos móveis, de forma geral, encontramos uma pequena variação das temperaturas e umidades do ar. No experimento de verão verificou-se a maior amplitude termohigrométrica ($1,3^{\circ}\text{C}$ e 5%) foi verificada no período da noite. Nesse experimento, também houve a influência indireta do sistema Linhas de Instabilidade, que provocou forte nebulosidade e chuva após a realização do percurso da noite. Já no episódio de outono, a maior amplitude foi encontrada no período da noite, medindo $2,1^{\circ}\text{C}$ e 13%. Com isso, pode-se constatar que o Centro da cidade apresentou as maiores temperaturas, principalmente por possuir uma alta massa edificada, capaz de absorver maior quantidade de calor latente, influenciando as temperaturas do ar. Portanto, em condições de estabilidade atmosférica, pode-se verificar maiores contrastes térmicos entre diferentes pontos da cidade.

As medições com os miniabrigos instalados nos quintais das residências, mostraram a influência dos materiais construtivos no condicionamento das temperaturas e umidades. No episódio de verão, verificamos as maiores temperaturas e menores umidades. É importante destacar que nesse episódio, as maiores temperaturas registradas (de até 36°C no período diurno), foi influenciada pela incidência de raios solares no miniabrigo meteorológico, visto que nos demais pontos de coleta, os miniabrigos foram instalados em locais a sombra de árvores arbóreas. O destaque foi para o ponto do Planalto Caucaia, que apresentou, entre os demais pontos, elevadas temperaturas durante o período noturno. Ao mesmo tempo este ponto apresentou a maior taxa de resfriamento noturno, de $4,7^{\circ}\text{C}$, entre as 18hrs do dia 23 e às 6hrs do dia 24 de janeiro.

No episódio de outono, para as medidas fixas, escolhemos dias de atuação da ZCIT, evidenciando a influência desse sistema nas condições termohigrométricas da cidade. Sobre o tipo de tempo chuvoso, as taxas de umidades permaneceram homogêneas, na casa dos 90%. Já as temperaturas não ultrapassaram os 30°C .

Com efeito, a resposta térmica das mensurações e observações realizadas confirmou hipótese de que a intensa urbanização e as características do uso do solo local são responsáveis pela distribuição diferenciada das temperaturas na sede de Caucaia. No que diz respeito à distribuição espacial da temperatura verificou-se que a grande diferença entre os pontos de coleta esteve relacionada

com a densidade de construções. As maiores temperaturas foram observadas no Centro e no Planalto Caucaia.

As primeiras conclusões da pesquisa apontam o clima urbano sede urbana de Caucaia recebe influência da transformação das estruturas urbanas. As funções urbanas, comércio, indústria, serviços e moradia, geram alterações nos elementos climáticos. Conclui-se também que o efeito do sítio e da vegetação são preponderantes na manutenção termohigrométrica, e que as condições desses atributos variam em função dos sistemas de circulação atmosférica regional.

07 - Referências Bibliográficas

ANDRADE, H. **O clima urbano: natureza, escalas de análise e aplicabilidade.** Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia, XL (80), 2005, p. 67 – 91.

AMORA, Z. B. **Industria e Espaço no Ceará.** In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. Ceará: um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.

AMORIM, M.C.C.T. **O Clima Urbano de Presidente Prudente/SP.** 2000. 322 f. Teses (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. **Ilhas de calor em Birigui/SP.** Revista Brasileira de Climatologia. v.1; n.1. Presidente Prudente: Rev. ABClima, 2005.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** 11^o ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

BARBUCLI, R.A. **Influência do ambiente construído na distribuição das temperaturas do ar em Araraquara/SP.** 2004. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.

BARRETO FILHO, H. T. **Tapebas, tapebanos e pernas-de-pau de Caucaia, Ceará: da etnogênese como processo social e luta simbólica.** Revista Antropologia. Brasília, v.165, 1994, p.1-35.

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. **Bases conceituais em climatologia geográfica.** Mercator - Revista de Geografia da UFC, v. 08, n. 16, 2009. p. 255-261.

CAJAZEIRA, A. A. **Caracterização do clima urbano de Maracanaú/CE: uma abordagem geográfica.** 2010. 77 f. Monografia (Graduação em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

DANTAS, E.W.C; SILVA, J.B. **A formação histórica da Metrópole principais tendências de desenvolvimento.** In: PEQUENO, L.R.B (ORG). **Como Anda Fortaleza.** Rio de Janeiro: Lepra Capital: Observatório das Metrópoles, 2009. p.01 -39.

DUARTE, D.H.S.; SERRA, G.G. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de tropical continental brasileiro: correlações e propostas de um indicador.** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p.7-20, abr./jun. 2003.

FELIX, J. R. **Características do clima urbano de Pacatuba/CE.** (Monografia de Graduação). Fortaleza: Departamento de Geografia-UFC, 2011. 51p

FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. S. **Principais Sistemas atmosféricos sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da Região.** v.1; n.1. Presidente Prudente: Rev, ABClima, 2005.

FUNCEME. **Sistemas meteorológicos causadores de chuvas na região nordeste do Brasil** – Boletim especial, 2006. Disponível em <http://www.funceme.com.br>. Acesso em: nov. 2012.

_____. **Prognóstico Climático para o Trimestre Fevereiro, Março e Abril de 2014** – Boletim. Disponível em: <
<http://www.funceme.br/index.php/areas/clima/boletins-quadra-chuvosa> >.
 Acessado em: fev. 2014.

GALVANI, E.; LIMA N. G. B. **Taxa de Resfriamento Noturno na Cidade de São Paulo – SP: estudo de caso.** In GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. (Orgs.) Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso. Curitiba-PR: CRV, 2012.

GOMES, M.A.S; SOARES, B.R. **A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre os espaços verdes em cidades médias brasileiras.** Estudos Geográficos, Rio Claro, 1(1): 19-29, Junho, 2003

GONÇALVES, N. M. S. **Aspectos do Clima Urbano de Salvador: uma análise da intensidade das chuvas e suas consequências socioespaciais**. Revista do Instituto Geográfico e Histórico da Bahia, Salvador, v. 99, p. 255-267, 2004.

HAESBAERT, R. **O Mito da Desterritorialização: do “fim dos territórios” à multiterritorialidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha de Setor Censitário Urbano– Municípios do Brasil**. Disponível em <http://www.ngb.ibge.gov.br> Acesso em maio 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Municípios de Brasil**. Disponível em: <http://www.ngb.ibge.gov.br/Default.aspx?pagina=divisao> Acesso em maio 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010 - Resultados do universo**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em junho 2013.

Imagens do satélite GOES. **Site Oficial do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**. Disponível em: http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_anteriores.jsp>. Acesso em: 02 jan. 2014.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal: Caucaia**. Governo do Estado do Ceará. Fortaleza, 2013. Acessado em: < www.ipece.gov.br/publicacoes/perfil_basico/perfil-basico-municipal-2013.html > acessado em: nov. 2013.

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ª ed. São José dos Campos: Parênteses, 2009

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

MEDEIROS, C.N.; SOUZA, M.J.N.; GOMES, D.D.M.; ALBUQUERQUE, E.L.S. **Caracterização socioambiental do município de Caucaia (CE) utilizando sistema de informação geográfica (sig): subsídios para o ordenamento territorial.** Rev. Geografia Ensino & Pesquisa, vol. 16, n. 2, maio/ ago. 2012.

MENDONÇA, F.A. **Clima e planejamento urbano em Londrina.** In: MENDONÇA, F.A.; MONTEIRO, C. A. de F; (Org.) et al. **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, 2003. p. 93-120.

MENDONÇA, F. A. **Geografia e meio ambiente.** São Paulo: Ed. Contexto, 2004.

MOREIRA, R. **Geografia e Práxis: a presença do espaço na teoria e na prática geográficas.** São Paulo: Ed. Contexto, 2013.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho.** Série Climatologia nº1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1971.

_____. **Teoria e clima urbano.** São Paulo: IGEO/USP, 1976. (Série Teses e Monografias).

MOURA, M. O. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

NOGUEIRA, C.M.L; SILVA, J.B. **Expansão Metropolitana e Negócios Imobiliários na Região Metropolitana De Fortaleza (RMF)** In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA, 10., 2013, Campinas. *Anais*, 632-642. UNICAMP-SP, 2013.

PAIVA, F.I.B. **Microclimas urbanos na área central do bairro da Messejana, Fortaleza/CE.** (Graduação em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

PEQUENO, L.R.B; ARAGÃO, T. **Dimensão habitacional da Região Metropolitana de Fortaleza.** In: PEQUENO, L.R.B (ORG). **Como Anda**

Fortaleza. Rio de Janeiro: Lepra Capital: Observatório das Metrópoles, 2009. p.69 -96.

PEREIRA, G. **A natureza (dos) fatos urbanos: produção do espaço e degradação ambiental.** Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 3, p. 33-51, Editora da UFPR, Paraná, 2001.

PORTO-GONÇALVES, C.W. **A Globalização da Natureza e a Natureza da Globalização.** Rio de Janeiro: Ed. Civilização Brasileira, 2006.

ROMERO, M.A.B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** 2. Ed. São Paulo: Pró-editores, 2000.

SANTANA, A. M.S. **A forma urbana e a radiação solar incidente na criação das ambiências térmicas e seus reflexos na apropriação e uso dos espaços públicos externos.** (Tese de Doutorado). São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física- FFLCH/USP, 2002. 292p.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Da Climatologia Geográfica à Geografia do Clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico.** Revista da ANPEGE, v.4, p.61-88, 2008.

_____. **Perspectivas e Desafios da Climatologia Geográfica no Brasil.** Palestra apresentado no XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Dourados, 2011.

SANTOS, M. **Metamorfoses do Espaço Habitado: fundamentos teórico e metodológico da geografia.** São Paulo: Hucitec, 1988.

_____. **A natureza do espaço.** São Paulo: Hucitec, 1996.

SERRA, G. **O Espaço Natural e a Forma Urbana.** São Paulo: Ed. Nobel, 1987.

SOUZA, M.B. **Clima Urbano: aspectos teóricos e metodológicos.** Minicurso apresentando no Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada. Dourados, 2011.

SOUZA, M. J. N. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará.** Fortaleza: FUNECE, 2000.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Geografia física (?) Geografia Ambiental (?) ou Geografia e Ambiente (?)**. In: MENDONÇA, F. & KOZEL, S. (org.). Elementos de Epistemologia da Geografia Contemporânea. Curitiba: EdUFPR, 2004. p.111-120

TELES, G. A. **Dinâmicas Metropolitanas Contemporâneas: Caucaia na região metropolitana de Fortaleza.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2005.

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat 8: data de passagem 01/07/2013 EUA. Acesso em 22 agosto 2013. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>.

XAVIER, T. de Ma. B.S.. **“Tempo de Chuva” : estudos climáticos e de previsão para o Ceará e o Nordeste Setentrional.** Fortaleza: ABC Editora,2001. 478 p.

ZANELLA, M.E; MOURA, M.O. **O Clima das Cidades do Nordeste Brasileiro: contribuições no planejamento e gestão urbana.** Revista da ANPEGE, v. 9, n. 11, p. 75-89, jan./jun. 2013.