



# ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## QUALIDADE DO AR E CONFORTO AMBIENTAL: UM ESTUDO ESTATÍSTICO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS, HUMANAS E QUÍMICAS EM ESPAÇOS DE ESTACIONAMENTO VENTILADOS NATURALMENTE

**Juliana Magna Costa (1); Virginia Maria Dantas de Araújo (2); Eduardo Henrique Silveira de Araújo (3)**

- (1) Arquiteta e Urbanista, Mestre em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail: jumagna@ig.com.br  
(2) Prof. Dr<sup>a</sup> do Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Laboratório de Conforto Ambiental – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail: virginia @ufrnet.br  
(3) Prof. Msc. Departamento de Estatística – Laboratório de Consultoria Estatística – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail: ehsa @ufrnet.br

### RESUMO

A atual tendência de utilização dos espaços destinados a estacionamento veicular para outras finalidades tem resultado num tempo maior de permanência dos usuários nestes espaços, principalmente nas grandes cidades. Por esta razão, o presente trabalho investiga a qualidade do ar interior e o conforto térmico em áreas de dois estacionamentos, ambos ventilados naturalmente, situados em Natal/RN, com o intuito de contribuir para a proposição de novos espaços desta natureza adequados à permanência humana. Para tal, realizou-se pesquisa de campo nos dois estacionamentos em períodos distintos (janeiro e julho), espaço de tempo condizente com os períodos climáticos característicos da região de estudo (chuvisco e seco, respectivamente). As condicionantes ambientais internas foram mensuradas através de instrumentos de medições da temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e direção dos ventos; as humanas, através de entrevistas aplicadas com usuários dos locais (visitantes e funcionários); e as químicas, através de instrumentos de medição apropriados para material particulado, monóxido de carbono e ozônio. Constatou-se através de uma análise estatística que a tipologia arquitetônica de estacionamentos fechados, com contribuição também de seu aspecto topográfico, compromete as condições ambientais internas, potencializando a retenção de poluentes, acarretando espaços com baixo índice de conforto térmico para seus usuários, sendo, assim, menos adequados do ponto de vista da qualidade do ar interior e do conforto térmico.

Palavras-chave: conforto térmico, qualidade do ar, estacionamentos.

### ABSTRACT

The recent tendency to utilize parking lots for other purposes has demonstrated that more time has been spent by visitors, mainly in big cities. Therefore, this paper investigates the thermal comfort and the air quality indoors in areas of the two parking lots, both naturally ventilated located in Natal - RN, with the purpose to give news spaces in this environment appropriate to human permanence. Field research was done in these parking lots in two distinct periods (January and July), time conditions suitable with the region study weather characteristics (rainy and dry respectively). The internal environment agents were measured by using tools for air temperature, humidity, speed and direction; the humans through interviews with local users (employees and visitors); and the chemical analysis through appropriate tools to analyze specific material, carbon monoxide and ozone. It was verified through statistic analysis that the architectonic typology of the indoors closed, with the topographical aspect contribution too, compromise internal environmental conditions, which increases the retention of pollution, doing spaces with low index of the thermal comfort to their visitors, therefore, less suitable for usage by visitors considering air and thermal comfort aspects.

Key words: thermal comfort, air quality, parking lots.

## **1 INTRODUÇÃO**

Os processos de desenvolvimento, urbanização e industrialização das cidades têm produzido distúrbios no equilíbrio natural da Terra. Uma das principais consequências deste processo é a poluição do meio ambiente. É justamente em relação às consequências advindas do tipo de poluição ambiental mais abrangente, a atmosférica, que se trata o referido trabalho. Para a Organização Mundial de Saúde - OMS, “...entende-se por poluição atmosférica o teor excessivo de substâncias estranhas à atmosfera, podendo prejudicar o bem-estar, à saúde e causar prejuízos a bens”. Essas substâncias estranhas que degradam nossa atmosfera são os chamados poluentes, que dependendo de sua quantidade (concentração), podem ter efeito prejudicial à saúde humana e aos ecossistemas em geral.

Até meados de 1980 a poluição atmosférica urbana era atribuída às emissões industriais, por isso as ações dos órgãos ambientais visavam basicamente ao controle das emissões dessas fontes. Programas de controle de poluição industrial implantados no mundo todo permitiram um padrão considerado satisfatório de emissão de poluentes desta natureza, no entanto, o rápido crescimento da frota veicular transformou os veículos automotores na principal fonte de poluição atmosférica. Somente aqui no Brasil existem mais 14 milhões de veículos em nossas cidades (CETESB, 2004). Desta forma, uma relação diretamente proporcional entre o aumento constante do uso de automóveis em nossas cidades, o aumento da poluição atmosférica, a degradação da qualidade do ar urbano e a consequente degradação da qualidade do ar no interior de nossas edificações pode ser estabelecida.

O presente artigo focaliza a qualidade do ar interior em espaços de estacionamento devido à correlação direta destes com a poluição veicular, que acontece de forma exponencial nas grandes cidades. Observa-se ainda que no próprio ato projetual, há um certo descaso em relação a estes espaços. Além disso, os estacionamentos têm sido alvos importantes da crescente especulação imobiliária, assim não servem somente para abrigar automóveis, mas também outras funções do tipo administrativas, guichês, bingos, boliches, depósitos, até feiras de artesanato e exposições. Cada vez mais seres humanos trabalham e frequentam os espaços de estacionamento. Isto nos leva a uma pergunta: será que estes espaços que foram projetados prioritariamente para abrigar automóveis são adequados (possuem uma qualidade do ar interior adequada) à permanência humana? No intuito de tentar responder a este questionamento, bem como de contribuir para a proposição de novos espaços de estacionamento adequados ao uso misto e a permanência humana, propõe-se este referido artigo.

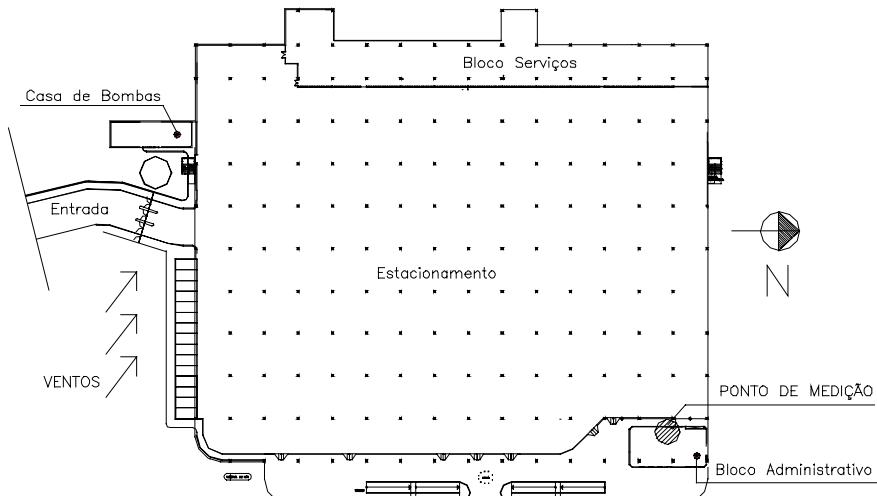
Os problemas ligados à poluição atmosférica, tanto de interiores quanto de exteriores, envolvem geralmente três partes: a origem, o movimento ou dispersão e o receptor. Colocando o problema da poluição nos espaços de estacionamento, foram investigadas no presente trabalho as variáveis: químicas (afeição de alguns poluentes advindos dos automóveis), ambientais (condições ambientais internas) e humanas (sensações percebidas pelos usuários e funcionários). Ressalta-se que a topografia é um aspecto físico que também influencia no movimento do ar, por isso ela foi abordada em todo o trabalho como elemento de comparação entre as diferentes tipologias arquitetônicas, uma vez que, os objetos de estudo são um ambiente terreo e um subsolo.

## **2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E DOS OBJETOS DE ESTUDO**

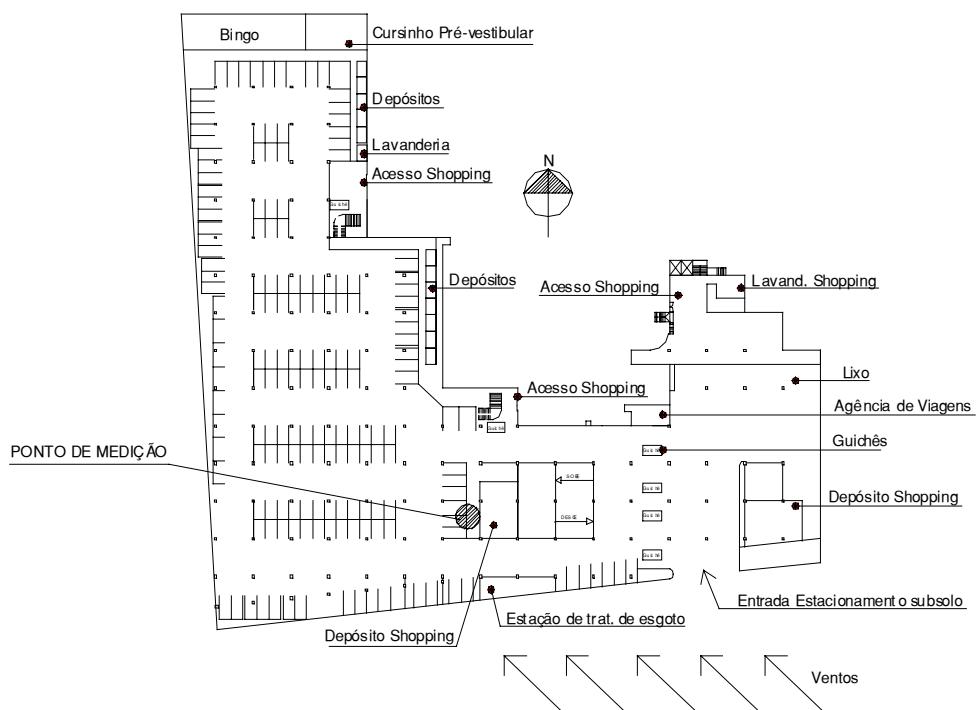
Natal, cidade localizada na porção oriental do estado do Rio Grande do Norte, sendo também a capital do referido estado, possui aproximadamente 712 mil habitantes (IBGE-2000), apresenta baixa latitude (em torno de 5,34° Sul), possui clima do tipo quente e úmido, com topografia pouco acidentada e altitude média de 18m, segundo ARAÚJO; MARTINS; ARAÚJO (1998).

Para ARAÚJO, MARTINS et ARAÚJO (1998), a cidade apresenta duas “épocas características distintas” com pequena variação climática entre elas, o primeiro período caracteriza-se por temperaturas mais elevadas, umidades relativas mais baixas, velocidades do vento relativamente menores e com predominância sudeste. O segundo período é caracterizado por temperaturas mais amenas, umidades relativas mais altas e velocidades dos ventos mais elevadas com predominância no quadrante sudeste. Esta informação orientou a escolha dos meses de medição (no ano de 2003) de forma a ser em Janeiro (dentro do primeiro período climático) e Julho (dentro do segundo período climático).

Alguns critérios foram levados em consideração no momento da escolha dos objetos de estudo do referido trabalho. O primeiro critério foi a proximidade entre ambos, por isso procurou-se edifícios localizados dentro de uma mesma zona microclimática. O segundo critério foi o fato de ambos serem espaços públicos, um shopping e um supermercado, onde as pessoas têm acesso livre, portanto são alvos importantes para uma análise de qualidade do ar interior. E finalmente por serem de tipologias arquitetônicas diferenciadas: o do supermercado é no térreo, do tipo pilotis, aqui chamado de estacionamento aberto (Figura 01) por apresentar 74,6% do seu perímetro sem elementos de vedação; o do shopping Center é localizado no pavimento do subsolo, aqui chamado de estacionamento fechado (Figura 02) por apresentar apenas 22% do seu perímetro sem elementos de vedação.



**Figura 01. Planta baixa do estacionamento aberto (Sem escala)**



**Figura 02. Planta baixa Localização do estacionamento fechado (Sem escala)**

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### **3.1 Condições Ambientais Internas**

As condições ambientais internas aferidas neste trabalho foram: a temperatura do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade do ar. Para tal, utilizou-se como instrumentos: termohigroanemômetro (para velocidade, temperatura e umidade relativa) e uma bússola dotada de fita (para direção dos ventos).

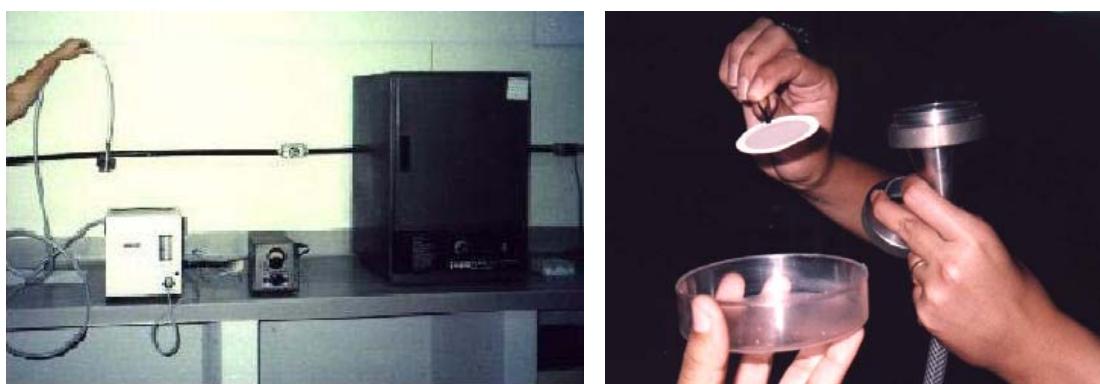
### **3.2 Variáveis Químicas**

As variáveis químicas viáveis de serem investigadas neste trabalho foram: ozônio, monóxido de carbono e material particulado. Para aferir a concentração do ozônio de superfície nos referidos espaços de estacionamento, utilizou-se um conjunto de equipamentos cedidos pelo Laboratório de Ozônio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/RN (Figura 03). Dispõe-se dos equipamentos somente para o segundo período de medição (realizado no mês de Julho/2003). Apesar disto, é necessário registrar que esta foi a primeira medição de ozônio de superfície ( $h=1.50m$ ) já realizada em Natal/RN.



**Figura 03: Foto dos equipamentos utilizados para medição do O<sub>3</sub>**

No trabalho em questão verificou-se a concentração de particulado total em suspensão (PTS), através do método físico de análise gravimétrica por diferença de massa, e do método físico de análise por fluorescência de raios-x (capaz de detectar elementos químicos a partir de quantidades reduzidas de material coletado). No primeiro método, determinou-se a concentração retida de PTS em cada filtro correspondente aos dias de medição através do uso de equipamentos cedidos pelo Laboratório de Química da UFRN (Figura 04). No segundo método identificou-se a natureza dos elementos retidos nos filtros através de equipamentos cedidos pelo Laboratório de Geologia da UFRN.



**Figura 04: Foto dos equipamentos utilizados para medição material particulado**

Aferiu-se a concentração de monóxido de carbono através da bomba de amostra para tubos detectores, (modelo AUER Gas-Tester, da AuerGessellschaft GMBH) e do tubo detector de concentração de monóxido de carbono (modelo AUER Gas-Tester n° 5085-835).

### **3.3 Variáveis Humanas**

A presença e a atividade de pessoas nos ambientes constituem um elemento importante na determinação e na percepção da qualidade do ar em interiores. Buscando informações sobre a população que trabalha ou utiliza os estacionamentos aqui avaliados, a variável humana foi pesquisada através de entrevistas. Baseado no modelo aplicado por COSTA (2001), a realização das entrevistas objetivou aferir as sensações de conforto térmico e principalmente de qualidade do ar interior percebida pelas pessoas. Assim, os usuários dos estacionamentos (transeuntes e motoristas em espaços curtos de tempo, e os funcionários em tempo integral) foram abordados simultaneamente à realização das medições dos poluentes, ou seja, às 12 h e às 18 h. Em cada horário, duas pessoas (uma da categoria usuário e uma da categoria funcionário) foram aleatoriamente escolhidas para responder o formulário de entrevistas.

Quanto ao formulário de entrevista, este foi preenchido pela própria pesquisadora e buscou reunir informações a respeito das características físicas, como idade, gênero, peso e altura, do grau de escolaridade, do hábito de fumo, de doenças respiratórias pré-existentes, da existência de sintomas no momento da entrevista, das atividades desenvolvidas, das vestimentas, do tempo de permanência no local e finalmente das sensações registradas de conforto térmico e de qualidade do ar interior.

### **3.4 Critérios para pesquisa de campo**

A coleta dos dados químicos, ambientais e humanos foi realizada durante 7 dias consecutivos em cada um dos estacionamentos, tendo em vista que estes ambientes apresentam diferentes níveis de visitação durante a semana. As condicionantes ambientais e humanas foram aferidas às 12h e às 18h, simultaneamente; e às químicas aferidas de forma distinta para cada poluente analisado devido a limitações de manuseio de cada equipamento. Para o material particulado, realizou-se medição contínua, havendo substituição do filtro a cada 24h, sempre ao meio dia. Para o monóxido de carbono (CO), realizou-se medição sempre às 12h tanto na terça-feira quanto no sábado. Já o ozônio, como somente conseguiu-se realizar medição no segundo período, optou-se por fazê-las também às 12h e às 18h, assim como ocorreu com as condicionantes climáticas e humanas nos dois estacionamentos.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Variáveis químicas**

Procedeu-se às análises das variáveis químicas da seguinte forma: primeiramente, a caracterização ou tipologia dos locais estudados, de acordo com os resultados obtidos nas medições através da extração de estatísticas descritivas (obtenção de gráficos); depois, a caracterização dos possíveis fatores de influência, como período de medição e horário, e, por fim, a comparação dos dois locais de medição.

Estatisticamente a influência dos fatores bem como a comparação entre os resultados dos locais de medição foram aferidas através da técnica de teste de hipóteses. Metodologicamente este teste consiste em adotar hipóteses ( $H_0$ = que as médias sejam iguais e  $H_1$ = que as médias sejam diferentes) que são testadas com base nas estatísticas F- Fisher/Snedecor para cada fator de influência que se quer testar e para cada interação entre eles, calculadas com base nos dados das variáveis. Em seguida, de acordo com a técnica de inferência estatística, comparam-se estes valores da estatística F da tabela de distribuição de Fisher/Snedecor, para um nível de significância  $\alpha$  fixado (onde  $\alpha$ , representa o erro, portanto quanto menor o erro, maior é a certeza do resultado). A regra inferencial diz que a hipótese  $H_0$  foi rejeitada se o valor das estatísticas F calculadas for maior que o valor da estatística F tabelada, para um nível de significância  $\alpha$  fixado. Daí conclui-se se aquele fator testado tem influência ou não.

Primeiramente quanto ao ozônio foram registrados valores mais altos nas medições efetuadas às 12h do que nas medições feitas às 18h, principalmente no estacionamento fechado. Isto comprova a ação da temperatura no aumento dos índices de ozônio, pois ao meio dia, horário de maior intensidade da radiação solar, os níveis são maiores que às 18h. Em locais fechados, este efeito da temperatura é potencializado. As estatísticas descritivas do total, independentemente do horário de medição, estão expostas na Tabela 1.

**Tabela 1: Estatísticas descritivas do ozônio (ppb) nos estacionamentos – 2º período de medição**

Estatísticas (ppb)	Aberto	Fechado
Valor mínimo	10,48	10,1
Valor máximo	15,91	17,29
Desvio Padrão	1,34	2,95
Valor médio	11,59	13,27

Para verificar se o fator horário exerceu alguma influência nos resultados das medições de ozônio, realizou-se inferência estatística através da técnica de teste de hipóteses (mencionada anteriormente). Verificou-se que o fator horário não tem efeito sobre o estacionamento aberto, pois os valores encontrados podem ser considerados estatisticamente iguais às 12h e às 18h (devido às grandes aberturas dissiparem o calor), porém tem efeito sobre o estacionamento fechado (devido ao fato de a temperatura ser potencializada num ambiente fechado). A mesma técnica foi utilizada para saber se houve diferença estatística entre os valores encontrados nos locais de medição, os resultados mostraram que existe efeito do local nas concentrações médias de ozônio, portanto são considerados estatisticamente diferentes, sendo o estacionamento fechado mais comprometido do ponto de vista da geração de ozônio.

As estatísticas descritivas do material particulado, desconsiderando os períodos de medição, estão expostas na Tabela 2 e mostram que o desvio padrão dos valores é considerado bastante alto, revelando que houve grandes oscilações de valores diários. A média registrada no estacionamento fechado foi bem superior à do aberto, comprovando o efeito das aberturas na dissipaçāo deste poluente (estacionamento aberto apresenta 74% de sua fachada aberta contra 22% do estacionamento fechado).

**Tabela 2: Estatísticas descritivas de concentração de PTS (mg/m<sup>3</sup>) nos estacionamentos**

Estatísticas (mg/m <sup>3</sup> )	Aberto	Fechado
Valor mínimo	8,81	9,26
Valor máximo	68,89	189,82
Desvio Padrão	15,3	52,62
Valor médio	33,19	57,06

Como a medição foi contínua, e os filtros eram trocados a cada 24h, pontualmente às 12h, o fator horário cedeu lugar ao fator período como fonte de investigação de possível influência nos resultados do material particulado. O procedimento estatístico foi o mesmo. Verificou-se que o fator período tem efeito tanto sobre o estacionamento aberto quanto sobre o fechado, pois os valores médios encontrados nas duas medições podem ser considerados estatisticamente diferentes para ambos os estacionamentos. Isto demonstra que na primeira medição, como já era esperado, o ar estava mais seco (característica do período) por isso mais carregado de partículas, que no segundo período (onde o ar estava mais limpo devido às chuvas).

A mesma técnica foi utilizada para saber se houve diferença estatística entre os valores de PTS encontrados nos locais de medição. Os resultados mostraram que estatisticamente os valores podem ser considerados iguais, não havendo assim influência do local nas concentrações do material particulado. Este foi um resultado surpreendente, pois se registrou, em média, um valor no estacionamento fechado quase o dobro do estacionamento aberto, reforçando a importância das aberturas para a dissipaçāo, ou melhor, o não acúmulo ou retenção de poluentes.

Quanto ao monóxido de carbono, embora tenha sido aferido poucas vezes por uma questão de viabilidade de equipamento, vale a pena registrar a variação de um gás tão nocivo ao ser humano. No estacionamento aberto as concentrações da primeira medição foram menores que as da segunda, como mostram as estatísticas descritivas da Tabela 3. No estacionamento fechado, os valores obtidos foram mais altos, tanto na primeira como na segunda medição, em relação ao aberto. Mais uma vez deve-se ressaltar que por ser um espaço fechado, há uma acumulação maior deste gás. O monóxido de carbono não foi alvo de análises estatísticas em virtude da pouca quantidade de medições, porém fica o registro de que atingiu valores mais altos no estacionamento fechado nas duas medições. Nesta oportunidade, registrou-se uma das limitações deste trabalho, pois se sabe que deveriam ter sido enfocados, nas medições das variáveis químicas, os poluentes oriundos diretamente da combustão de derivados de petróleo, como é o caso do NO<sub>x</sub>, SO<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, Hidrocarbonetos, além do CO. Porém, por uma questão de

disponibilidade de equipamentos, somente o CO foi aferido e, mesmo assim, em equipamento de medição instantânea, que só permite análise qualitativa de dados e não tem alta precisão.

**Tabela 3: Estatísticas descritivas de concentração de PTS (mg/m<sup>3</sup>) nos estacionamentos**

Estatísticas	Aberto	Fechado
Valor mínimo	3	5,5
Valor máximo	5,8	7,5
Desvio Padrão	1,21	0,86
<b>Valor médio</b>	<b>4,45</b>	<b>6,75</b>

#### 4.2 Condições Ambientais Internas

Para proceder esta análise, foram gerados bancos de dados, editados em planilhas eletrônicas, com registros da temperatura, umidade relativa, direção, velocidade dos ventos. Inicialmente, avaliou-se o comportamento da temperatura interna de ambos os estacionamentos, considerando-se os períodos e horários de medição. Entenda-se a sigla EA como estacionamento aberto e EF como fechado respectivamente. Observou-se que a temperatura registrada no EF foi maior em ambos os horários de medição (na maior parte dos dias), ressaltando-se ainda mais no primeiro período, como era esperado. Os valores mais altos em média foram registrados às 12h para os dois estacionamentos.

A fim de comparar os resultados de temperatura dos dois estacionamentos, realizou-se o teste de hipóteses. Os resultados comprovam que os estacionamentos são considerados estatisticamente diferentes, do ponto de vista da temperatura do ar. O estacionamento fechado atingiu valor médio mais alto que o aberto. Esta informação reforça que os espaços subsolos dissipam a temperatura do ar mais lentamente, ou seja, retém o calor por mais tempo, resultando em espaços mais quentes em relação aos estacionamentos abertos.

Em uma outra comparação, os resultados mostraram que houve influência do período nas medições de temperatura do ar do estacionamento fechado, onde as medições do primeiro período atingiram valores mais altos que as do segundo. Este fato era previsto devido à característica climática da própria região estudada, onde as temperaturas são realmente mais altas no primeiro período. O fator horário também foi investigado, mas estatisticamente não apresentou influência nos espaços estudados.

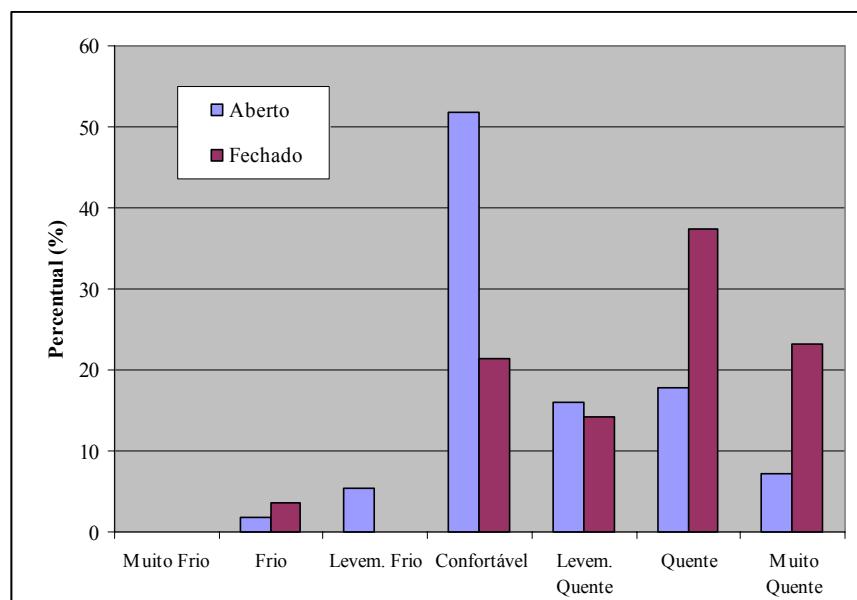
Tratando-se da umidade relativa do ar, os resultados mostraram que no segundo período de medição a média da umidade relativa do ar foi mais baixa em relação ao primeiro período, tanto para o estacionamento aberto quanto fechado. Este é um fato que certamente teve influência de alguma anomalia ocorrida no ano das medições, uma vez que normalmente o segundo período é tido como “mais chuvoso” e, por conseguinte, com maiores umidades relativas do ar. As análises estatísticas não identificaram diferenças de umidades relativas do ar entre os dois locais de medição e os horários, podendo, assim, ser considerados iguais estatisticamente. Porém, em relação ao estacionamento aberto, as medições do primeiro período foram consideradas estatisticamente diferentes das medições do segundo período.

Quanto a velocidade do ar, na primeira medição, registrou-se uma sutil diferença favorecendo o estacionamento fechado. Este resultado pode ser explicado devido ao fato que o ponto de medição escolhido no estacionamento fechado, se localiza num **corredor de vento**, ou seja, está no caminho entre a entrada e a saída de ventilação. Os valores registrados às 18h foram maiores que os de 12h para ambos os locais de medição. Na segunda medição, às 12h o estacionamento fechado apresentou maiores velocidades do ar, enquanto que às 18h o estacionamento aberto apresentou maiores velocidades. No estacionamento aberto, as medições foram mais favoráveis no segundo período, enquanto que no fechado, foram maiores no primeiro período.

As análises estatísticas não identificaram diferenças entre os dois locais de medição podendo assim ser considerados iguais estatisticamente. Quanto aos horários de medição, houve influência deste fator apenas no estacionamento fechado, onde as médias foram consideradas diferentes estatisticamente. Em relação ao período, não houve influência nas velocidades do ar, sendo consideradas iguais estatisticamente às médias do primeiro e segundo períodos para ambos os estacionamentos.

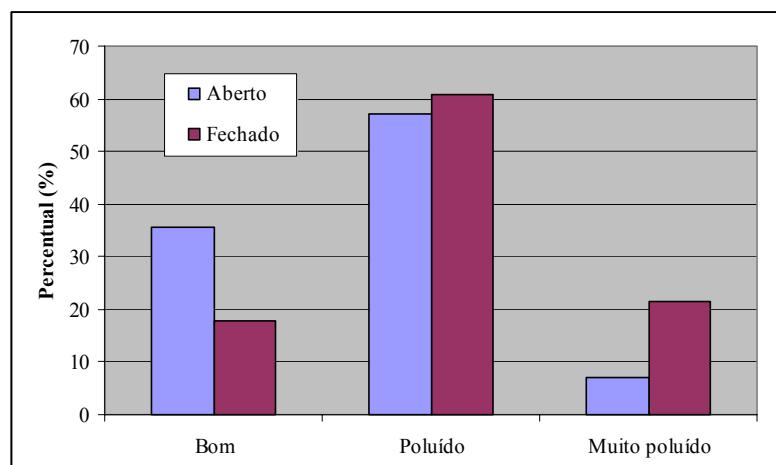
### 4.3 Variáveis Humanas

Quanto à idade, os respondentes dos estacionamentos apresentaram em sua maioria (mais de 50%) um perfil de 21 a 40 anos, tanto na categoria funcionários como usuários. Quanto ao gênero, registrou-se uma leve maioria de pessoas do sexo masculino, (destes a maior parte eram funcionários), e das mulheres a maior parte eram usuárias dos espaços. Quando indagados se eram portadores de alguma doença respiratória pré-existente, os respondentes em sua maioria apresentaram resposta negativa, e quanto ao fumo também, o que caracteriza uma amostra relativamente saudável. Também em sua maioria, os respondentes de ambos os estacionamentos não registraram nenhum sintoma no momento da entrevista. Porém as divergências entre os estacionamentos surgiram principalmente no item sobre a sensação de conforto térmico e de qualidade do ar interior. Quando questionados sobre a sensação de conforto térmico no estacionamento aberto, mais da metade das pessoas se sentiram confortáveis neste espaço, contra 7,13% de pessoas que apontaram desconforto para o frio, e 41,90% de desconforto para o calor; já no estacionamento fechado, 1/3 das respostas aponta para o desconforto para o calor contra apenas 22% de pessoas que se sentiram confortáveis no referido local (Gráfico 01).



**Gráfico 01: sensações percebidas de conforto térmico**

Em relação a sensação de qualidade do ar, a maioria dos respondentes julgou ambos os estacionamentos como poluídos. Porém o que divergiu bastante entre os dois espaços foi percepção da qualidade do ar como boa, sendo mais favorável no estacionamento aberto (Gráfico 02).



**Gráfico 02: Gráfico das sensações percebidas de qualidade do ar**

Estudou-se estatisticamente a interação entre sensação de conforto e sensação de qualidade do ar percebida por meio de cruzamento de dados. Observou-se uma grande predominância no estacionamento aberto da resposta “confortável” para todos os tipos de sensação de qualidade do ar. Porém no estacionamento fechado, nota-se uma correlação bastante demarcada entre as duas sensações (de conforto térmico e de qualidade do ar), pois a maioria das pessoas que registrou o espaço como “muito quente”, também registrou como “muito poluído”, as pessoas que registraram o espaço como “quente” o associaram a “poluído”, assim como a maioria das pessoas que registrou o espaço com uma “boa” qualidade do ar, o perceberam como “confortável”. Então pode-se dizer que no estacionamento fechado, houve uma correlação entre sensação de conforto e sensação de qualidade do ar percebida.

#### **4.4 Faixas de conforto térmico e de qualidade do ar**

Os dados estatísticos básicos das variáveis químicas e climáticas para as pessoas que responderam estar em conforto térmico em cada estacionamento estão representados nas Tabelas 04 e 05.

**Tabela 04: Estatísticas básicas das variáveis no estacionamento aberto**

E. Aberto	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Velocidade (m/s)	PTS (mg/m³)	O3 (ppb)	Nº veículos
Mínimo	27	52	0	8,89	10,48	105
Máximo	32	88	2,05	68,69	11,77	272
Médio	29,3	68,43	0,56	34,3	11,08	166
D. Padrao	1,43	8,45	0,4	13,94	0,36	44,97

**Tabela 05: Estatísticas básicas das variáveis no estacionamento fechado**

E. Fechado	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Velocidade (m/s)	PTS (mg/m³)	O3 (ppb)	Nº veículos
Mínimo	28,4	51,9	0,15	9,26	10,1	16
Máximo	36,7	71	1,25	130,47	17,29	213
Médio	30,73	62,67	0,6	48,78	12,54	102
D. Padrao	2,27	6,79	0,4	35,37	3,36	59,94

Correlacionando-se os dados das variáveis químicas, climáticas e humanas apresentados nestas tabelas, considera-se que no estacionamento fechado, as pessoas se sentiram em conforto com temperaturas mais elevadas, menores umidades relativas, maiores velocidades do ar e menores quantidades de veículos que no estacionamento aberto. Além disso, atingiu maiores picos de ozônio, e monóxido de carbono, resultando em um número maior de pessoas que consideram o espaço como “poluído”, mostrando ser do ponto de vista do conforto menos favorável que o estacionamento aberto.

As estatísticas básicas para as pessoas que perceberam a qualidade do ar como boa, estão representadas nas Tabelas 06 e 07.

**Tabela 06: Estatísticas básicas das variáveis no estacionamento aberto**

E. Aberto	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Velocidade (m/s)	PTS (mg/m³)	O3 (ppb)	Nº veículos
Mínimo	26	60	0	8,89	10,1	105
Máximo	32	88,5	1	68,69	16,91	259
Médio	28,94	70,08	0,46	33,02	13,18	181
D. Padrao	1,4	7,64	0,28	13,7	2,79	45,2

**Tabela 07: Estatísticas básicas das variáveis no estacionamento fechado**

E. Fechado	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Velocidade (m/s)	PTS (mg/m³)	O3 (ppb)	Nº veículos
Mínimo	28,4	55	0,15	9,33	10,1	16
Máximo	31,6	71	1,25	130,47	17,29	213
Médio	30,01	63,35	0,59	44,09	13,15	125,4
D. Padrao	1,26	7	0,4	38,66	3,5	65,66

Pode-se verificar algumas similitudes e divergências entre os dois estacionamentos. A temperatura, por exemplo, atingiu valores mais altos no estacionamento fechado, em contrapartida, as umidades foram maiores no aberto. Mesmo com velocidades do ar maiores no estacionamento fechado, a concentração de material particulado também atingiu faixas maiores, assim como o ozônio. Portanto, mesmo com um pouco mais de ventilação, a concentração de poluentes foi maior no estacionamento

fechado, e quando somam-se às altas temperaturas, comprometem a sensação qualidade do ar interior das pessoas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de não haver grandes disparidades entre os espaços estudados, como foi apresentado através dos resultados, o estacionamento fechado apresentou uma qualidade do ar interior menos saudável do que o estacionamento aberto devido ao desempenho das variáveis aqui investigadas. Isto reforça a influência do aspecto topográfico para a qualidade do ar interior. Neste sentido o papel do projetista, bem como da arquitetura, se faz fundamental na proposição de espaços, que possam abrigar de forma adequada outras funções sem comprometer a saúde e produtividade das pessoas.

Além disto, uma outra constatação deu-se em função dos resultados deste trabalho. As faixas de temperatura, umidade, velocidade, concentração de PTS, de ozônio e de quantidade de automóveis estão muito próximas tanto para usuários em conforto térmico como para os que consideram a qualidade do ar como boa. Isto mostra a correlação entre estas duas sensações, reafirmando que deve ser objetivo do projetista melhorar sim a qualidade do ar nas edificações, pois além de resultar em uma atmosfera mais saudável, certamente estará mais próxima de ser percebida como confortável pelos seus usuários. Isto confirma que a qualidade do ar interior e o conforto térmico devem andar juntos na busca pela excelência do ambiente interno FANGER (2000).

Mesmo com algumas limitações, vale salientar que depois de realizadas as medições deste trabalho, foram efetuadas importantes melhorias no estacionamento fechado, constatado nesta pesquisa como mais deficiente do ponto de vista da qualidade do ar interior, que evidentemente demonstram a contribuição do presente estudo na adequação deste espaço.

É importante lembrar que este trabalho foi uma pequena semente lançada para a divulgação da melhoria da qualidade do ar interior (principalmente para Natal/RN), porém tantos outros trabalhos de tantas áreas, não somente arquitetura, podem ser realizados em outros locais no intuito de somar conhecimento a este tema que é tão multidisciplinar e relevante por estar correlacionado diretamente ao conforto, saúde, qualidade de vida e produtividade no processo de obtenção das “cidades saudáveis”.

## 6 REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Eduardo, MARTINS, Themis, ARAÚJO, Virgínia (1998). **Dias típicos para projeto térmico de edificações em Natal-RN**. Natal: Edufurn, 1998.
- CARMO, Adriano Trotta, PRADO, Racine Tadeu Araújo. **Qualidade do ar interno**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1999.
- CHOW W. K. et al. Field study on the indoor Thermal Environment and Monoxide Levels in an large underground car park. Vol.11, Number 3. **Tunneling and underground Space Tecnology**, 1996.
- COSTA, Virgínia Célia. Qualidade do ar No Interior de Algumas Edificações do Bairro de Petrópolis, Natal/RN – Brasil. Relatório final de pesquisa CNPq, 2001.
- DUARTE, Raimundo Nonato Calazans. **Um modelo para transmissão de doenças em interiores via aerossóis respiratórios**. 247p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Florianópolis: UFSC,2003.
- FANGER, Ole P. Indoor Air Quality in the 21<sup>st</sup> Century: Search for Excellence. **Indoor Air**, 10. Denmark: Munksgaard, 2000.
- WARGOCKI, Pawel et al. The Effects of Outdoor air supply rate in an office on Perceived air Quality, Sick Building Syndrome (SBS) Symptoms and Productivity. **Indoor Air**,10. Denmark: Munksgaard, 2000.