

## **AVALIAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO DE CONSULTÓRIOS ODONTOLÓGICOS**

**Adriana Aparecida Carneiro Rosa (1) Stelamaris Rolla Bertoli (2)**

(1) Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP 13083-970 – Campinas - SP

e-mail: [dricarneiro@hotmail.com](mailto:dricarneiro@hotmail.com)

(2) Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP CP 6021 13083-970 – Campinas - SP

e-mail: [rolla@fec.unicamp.br](mailto:rolla@fec.unicamp.br)

### **RESUMO**

Os ruídos encontrados na sociedade moderna podem gerar efeitos no ser humano que vão desde o desconforto acústico até danos físicos. As atividades e os equipamentos utilizados na odontologia são ruidosos. O objetivo deste trabalho é avaliar o conforto acústico de consultórios odontológicos. Identificou-se dois tipos de consultórios: os consultórios construídos especificamente para o uso e os adaptados. Foram analisadas as salas de consulta e as salas de espera dos consultórios. Nestes ambientes foram medidos o nível de pressão sonora em dB(A) e em função da frequência (espectros), o tempo de reverberação e o isolamento aéreo entre as salas. Foram avaliados os níveis de interferência na fala (SIL) e o critério de curvas NC. Os resultados mostram que na maioria dos casos os consultórios são confortáveis mas que nem sempre atendem a todos os parâmetros acústicos simultaneamente. Assim foi possível identificar fatores favoráveis ou desfavoráveis do projeto que interferiam em cada parâmetro acústico.

### **ABSTRACT**

Noise found in modern society may produce effects on men that range from acoustical discomfort to physical injury. Activities and equipment used in dentistry are noisy. The purpose of this work is to evaluate the acoustics comfort of the dentistry clinics. Two kinds of clinics: were identified: those built specifically to comply with dentistry purpose and those adapted. The surgical and waiting rooms of the clinics were analyzed. In these environments the sound pressure level in dB(A) and as a function of frequency, the reverberation time and the airborne isolation between the rooms were measured. The speech interference level (SIL) and the NC criterion were evaluated. The results show that the most of clinics are comfortable, but not always comply with all acoustics parameters simultaneously. It was therefore possible to identify favorable and unfavorable design factors that affect each acoustical parameter.

### **1. INTRODUÇÃO**

Na sociedade atual o ser humano está sujeito a inúmeros estímulos sonoros provenientes de várias atividades tais como: lazer, trabalho, transporte, etc. Os efeitos sonoros destes estímulos variam do desconforto a perdas auditivas.

Embora a avaliação de percepção sonora tenha uma conotação bastante subjetiva, é possível através da aplicação correta dos conceitos de Acústica Arquitetônica e observação da finalidade ao qual o projeto se destina, criar projetos de edificações acusticamente adequados.

Muitos dos sons que ouvimos despertam reações psicológicas como alegria, tristeza ou medo. O exemplo bastante comum é o ruído gerado pelo “motorzinho” no consultório odontológico. É fato que para a grande maioria das pessoas a visita ao dentista tem uma conotação psicológica bastante negativa. Assim é importante que o consultório odontológico propicie ao paciente uma sensação agradável de proteção e satisfação.

Os projetos de consultórios odontológicos têm então que atender aspectos ergonômicos e ambientais (ruído, calor e qualidade do ar) que permitam ao profissional exercer com qualidade o seu trabalho e propiciar aos pacientes condições psicológicas positivas durante o tratamento.

Os ruídos elevados tendem a prejudicar as tarefas que exigem concentração mental e principalmente as tarefas que exigem atenção, velocidade e precisão de movimentos. Os resultados tendem a piorar também com o aumento do tempo de exposição ao ruído. Através de vários estudos, realizados por BARROS (1991), o ruído foi apontado pelos dentistas como um fator gerador de estresse no exercício da odontologia. Também BARROS (1991) indica para trabalhos com exigência de concentração mental que o nível médio de ruído não ultrapasse 65 dB.

Os dois ambientes básicos que compõe o consultório odontológico são a sala de consulta e a sala de espera. A sala de consulta (SC) é o ambiente onde o paciente recebe o tratamento odontológico. A sala de espera (SE) é o ambiente onde os pacientes têm o primeiro contato com o consultório e onde aguardam para serem atendidos. Embora em geral existam outros ambientes de serviço dentro do consultório, este trabalho caracterizou acusticamente a sala de consulta e a sala de espera dos consultórios, visando determinar a qualidade acústica de sala, (conforto e inteligibilidade) bem como os possíveis defeitos acústicos.

Nesse trabalho foi avaliado o conforto acústico de consultórios odontológicos de Campinas, através de medidas de parâmetros acústicos e análise dos resultados, segundo recomendações nacionais e internacionais. Foram levantadas as plantas e tipos de materiais construtivos empregados. Os parâmetros acústicos medidos foram nível de pressão sonora em dB(A) e em função de frequência, tempo de reverberação e isolamento aéreo. A análise de conforto baseou na comparação dos valores em dB(A) e NC medidos como os recomendados pela Norma NBR 10152: Níveis de Ruído para Conforto Acústico (1987), da Associação Brasileira de Normas Técnicas. A análise dos valores de nível de interferência na fala, tempo de reverberação e isolamento aéreo também foram efetuados, comparados com valores recomendados em literatura.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Em Campinas existem aproximadamente 2505 consultórios odontológicos cadastrados pelo Conselho Regional de Odontologia de Campinas. Dentro dessa listagem existem dois tipos de consultórios: salas construídas especificamente para o uso de atendimento odontológico e casas adaptadas para o uso de consultório odontológico.

Os consultórios foram distribuídos segundo sua localização nos diversos bairros da cidade. Em aproximadamente 10 bairros da cidade o número de consultórios existentes foi superior a 1% do total de consultórios cadastrados. Nesse conjunto de bairros foram escolhidos aleatoriamente 10 consultórios, sendo 5 de cada tipologia (adaptados ou não). Foram levantados em campo as plantas e os tipos de materiais construtivos usados na construção destes consultórios.

## 2.1 Procedimento de medida

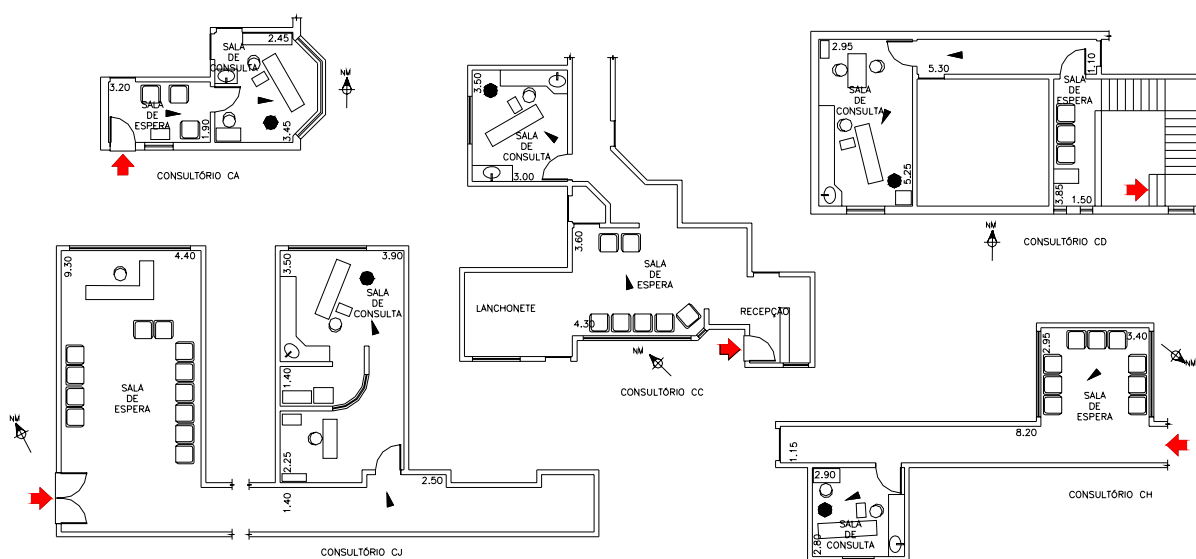
Nas salas de consulta e espera dos consultórios escolhidos para avaliação foram medidos os níveis de pressão sonora em dB(A) e os espectros em banda de 1/1 oitava. As medidas foram feitas segundo as recomendações da Norma NBR 10152. O equipamento utilizado foi o medidor de nível de pressão sonora *Investigator 2260D* da Brüel & Kjaer na plataforma de analisador de frequência em tempo real.

Os espectros sonoros foram medidos em três situações: (a) o não funcionamento dos ambientes, (b) ar condicionado ou ventilador ligado, (c) ar condicionado ou ventilador ligado, mais o uso do motor. Nos casos onde não havia ar condicionado foi mantida a janela aberta.

O tempo de reverberação e o isolamento aéreo entre a sala de consulta e de espera foram medidos pelo sistema Building Acoustics composto por fonte sonora, amplificador e o *Investigator 2260D*. O procedimento de medição desses parâmetros obedeceu as Normas internacionais.

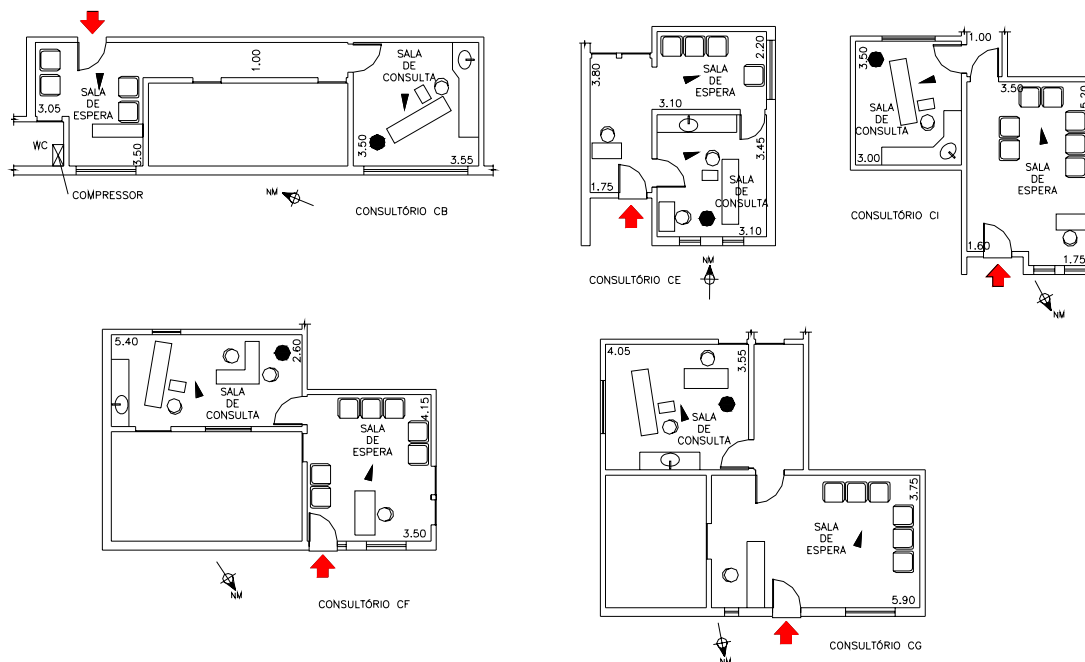
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 1 e 2 são apresentadas as plantas dos 10 consultórios estudados. Na figura 1 aparecem os consultórios edificadas especificamente para o uso e na figura 2 aqueles adaptados para o uso dentário.



**Figura 1 – Plantas das salas dos consultórios avaliados, edificadas especificamente para o uso.**

Nas plantas estão indicados o layout de cada sala avaliada, incluindo o posicionamento dos equipamentos de medição (a fonte geradora de ruído, em forma de bola e o *Investigator 2260D*, representado pelo triângulo). As setas vermelhas das figuras 1 e 2 indicam o acesso as salas do consultório e o norte magnético (NM) nas plantas, coincide com a posição da rua com relação a edificação. Para efeito de simplificação os consultórios serão denominados neste texto por um código (CA, CB, CC, CD, CE, CF, CG, CH, CI e CJ). É importante ressaltar sobre a tipologia de cada consultório, que alguns apresentam salas justapostas e outros apresentam corredores e salas intermediárias, o que é bastante significativo para o cálculo do isolamento.



**Figura 2 – Plantas das salas dos consultórios avaliados, adaptados para o uso.**

### 3.1 Espectros Sonoros

Na grande maioria dos estudos de conforto acústico, o ruído dos ambientes é avaliado pelo nível de pressão sonora (NPS) medido em dB(A). Sabe-se porém que com diferentes distribuições de níveis sonoros em função da frequência (espectros) é possível conseguir o mesmo valor em dB(A) de nível sonoro e representar diferentes sensações sonoras. Por isso a avaliação espectral pode trazer mais contribuição para a análise do conforto acústico de um ambiente do que somente o valor do NPS em dB(A). Assim optou-se por medir os espectros sonoros na frequências de banda de 1/1 oitava entre 63 e 8000Hz, das salas de consulta (SC) e de espera (SE) em diferentes situações. As situações escolhidas foram: 1ª) nada funcionando, 2ª) ar condicionado e/ou ventilador ligados (quando existiam) e 3ª) tudo funcionando (inclusive motorzinho).

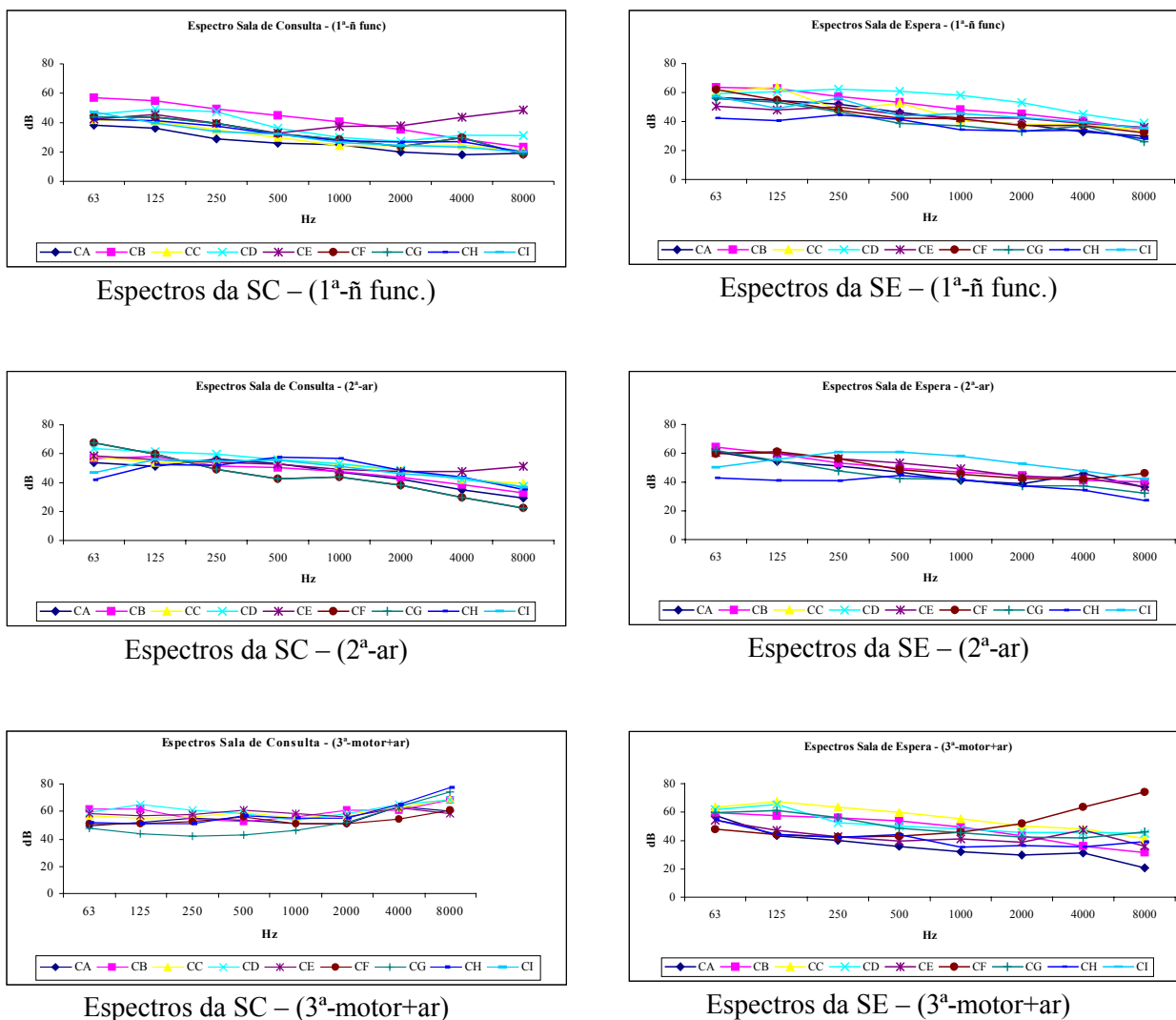
Na figura 3 estão apresentados os espectros das salas de consulta e espera nas 3 situações estudadas. Observa-se que para sala de consulta os espectros da 1ª situação de medição apresentam uma semelhança muito grande entre os consultórios, onde os níveis de pressão sonora são mais elevados nas baixas frequências decaindo com o aumento da frequência. Nas outras situações de medição (2ª e 3ª) o ar condicionado contribui mais para o aumento do nível de pressão sonora nas baixas frequências enquanto o motor contribui mais para o aumento do nível de pressão sonora nas altas frequências.

Na sala de espera ocorrem níveis mais elevados que os níveis da sala de consulta na 1ª situação de medição, devido à influência do ruído externo. Com relação aos espectros das outras situações de medição (2ª e 3ª), ocorre um comportamento bastante diferenciado entre eles.

### 3.2 Curvas NC

Segundo a Norma NBR 10152 o nível de conforto de um ambiente pode ser avaliado pelo nível de pressão sonora medido em dB(A) ou pelo índice NC obtido dos espectros sonoros do ruído de fundo do ambiente. Na NBR 10152 aparece especificamente valores de conforto para consultórios odontológicos e o ambiente que mais se aproxima é o ambiente hospitalar. Por isso estabeleceu-se um critério específico para a análise. Adotou-se que a sala de consulta é comparável ao centro cirúrgico e

a sala de espera à áreas para uso público. Assim para efeito de análise de dB(A) e NC usou-se os valores mostrados na tabela 1.



**Figura 3 – Espectros das Salas de Consulta e de Espera nas três condições de medição.**

**Tabela 1 - Nível de conforto em dB(A) e em NC, recomendados pela NBR 10152.**

Consultório odontológico	dB(A)	NC
Sala de consulta	35-45	30-40
Sala de espera	40-50	35-45

Na tabela 2 são apresentados o resumo dos resultados dos níveis de pressão sonora em dB(A) e NC nas salas de consulta e salas de espera dos consultórios avaliados.

Em termos de nível sonoro em dB(A), 2 salas de consulta e 4 salas de espera estão fora das faixas de conforto recomendáveis. É interessante observar que embora cada consultório tem um layout diferente, uma arquitetura específica e a influência do ruído externo também totalmente diferente entre eles na maior parte dos casos os ambientes podem ser considerado confortáveis segundo a Norma NBR 10152.

**Tabela 2 - Nível de conforto em dB(A) e em NC, obtidos para as salas de consulta e de espera.**

Consultório	Sala de consulta				Sala de espera			
	NC	Lp [dB(A)]			NC	Lp [dB(A)]		
		1ª ã func	2ª ar	3ª motor/ar		1ª ã func	2ª ar	3ª motor/ar
CA	23	30,4	53,9	66,9	41	48,6	50,9	39,5
CB	39	<b>46,8</b>	52,6	71,3	<b>50</b>	<b>55,3</b>	53,3	54,7
CC	27	33,5	57,2	72,2	45	<b>52,1</b>	–	61,5
CD	38	41,8	58,1	72,1	<b>58</b>	<b>62,6</b>	–	55,4
CE	<b>51</b>	<b>51,0</b>	56,8	67,8	42	49,0	55,2	50,32
CF	31	36,6	49,2	65,5	39	47,3	54,0	74,5
CG	31	36,6	49,2	74,5	39	44,4	47,3	54,0
CH	29	35,7	59,6	77,4	35	42,9	46,4	45,5
CI	25	34,3	56,4	–	<b>46</b>	<b>50,8</b>	62,4	–
CJ	27	34,6	–	–	37	43,5	–	–

### 3.3 Nível de Interferência na Fala (SIL)

Em geral a análise da interferência do ruído na comunicação depende de combinação dos resultados do SIL com as distâncias estimadas entre as pessoas que estão se comunicando (MEHTA, 1999). Nos consultórios avaliados observa-se que na sala de consulta (SC), as duas pessoas que se comunicam estão a uma distância máxima de a 1,5m entre si. Nessas condições para que o nível da voz seja normal, o valor de SIL deve ser no máximo de 53 dB. Para valores maiores que 53 dB, deve-se haver um aumento do nível da voz para uma boa inteligibilidade da fala.

Na tabela 3 são apresentados os resultados dos valores do SIL em dB. Analisando as salas de consulta dos consultórios, considerando as duas primeiras situações de medida (não funcionando e ar condicionado funcionando), mesmo para as condições de máxima distância a condição de inteligibilidade é boa. Quando o equipamento odontológico entra em funcionamento a inteligibilidade é reduzida e para mantê-la há necessidade de elevação da voz. Isso acontece com os consultórios CA, CB, C04, CC, CD e CH. Para as salas de espera, os consultórios CC e CD apresentam interferência na fala para as distâncias máximas, porém com tudo desligado. Isto se deve por estes consultórios apresentarem ambientes compostos. Na sala de espera do primeiro consultório CC existe um mezanino e no segundo consultório CD a lanchonete e recepção encontram-se no mesmo ambiente da sala de espera. Exceto para os consultórios CC e CF, o funcionamento do ar condicionado e do motorzinho não alterou a inteligibilidade.

**Tabela 3 - Nível de conforto em dB(A) e em NC, obtidos para as salas de consulta e de espera.**

Consultórios	SC (dB)			SE (dB)		
	ã func.	ar	ar+motor	ã func.	ar	ar+motor
CA	22,7	44,4	<b>55,0</b>	39,4	43,1	32,1
CB	37,8	45,0	<b>57,6</b>	46,8	45,6	45,7
CC	25,8	49,7	<b>58,7</b>	42,3	-	<b>53,4</b>
CD	31,2	49,9	<b>58,9</b>	<b>54,1</b>	-	47,4
CE	37,9	49,3	59,6	42,0	47,3	41,7
CF	28,6	38,5	53,0	39,6	44,6	51,1
CG	28,6	38,5	51,1	36,4	39,6	44,6
CH	28,4	41,9	<b>58,1</b>	35,8	39,5	37,8
CI	26,6	49,0	-	42,8	<b>54,7</b>	-
CJ	29,3	-	-	38,1	-	-

### 3.4 Tempo de Reverberação

A reverberação de um ambiente depende das dimensões (volume) e dos materiais de revestimento das superfícies que o compõe. Observou-se nos consultórios estudados que não existe diferença grande de materiais empregados entre as salas de consulta e as de espera. O tempo de reverberação tem influência direta na inteligibilidade da fala que também depende da distância fonte-receptor. No caso das salas de espera dos consultórios avaliados a distância entre fonte e receptor são menores do que na sala de consulta. Tendo em vista esses dois fatos optou-se por medir o tempo de reverberação em função de frequência em banda de 1/1 oitava entre 125 e 8000Hz somente para a sala de espera. Na tabela 4 são apresentados os tempos de reverberação medidos nas salas de espera dos consultórios.

**Tabela 4 – Tempos de Reverberação medidos nas salas de espera dos consultórios.**

Consultório	Frequência (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
CA	2,94	1,24	1,10	0,97	0,87	0,81	0,68
CB	2,08	2,06	1,38	1,40	1,05	0,95	0,74
CC	2,67	1,57	2,06	1,81	1,39	1,30	1,10
CD	2,82	2,05	1,90	1,56	1,50	2,23	1,04
CE	2,29	1,49	1,61	1,49	1,36	1,00	0,91
CF	1,50	1,55	<b>1,08</b>	1,13	0,99	0,91	0,78
CG	2,00	1,46	1,42	1,27	1,14	1,41	1,42
CH	2,07	1,60	1,49	1,28	1,36	1,42	0,89
CI	2,14	1,70	1,41	1,44	1,49	2,22	2,01
CJ	1,80	2,33	<b>2,85</b>	2,06	2,10	1,94	1,75

De uma forma geral os tempos de reverberação encontrados são maiores nas baixas frequências e decaem com o aumento de frequência. Esse comportamento se explica pelo fato de que os materiais empregados são bastante reflexivos principalmente nas altas frequências contribuindo para uma baixa absorção no tempo de reverberação. Acusticamente a análise do tempo de reverberação recai na frequência de 500Hz. Os resultados do tempo de reverberação a 500Hz variaram de 1,08 a 2,85s. O consultório CF apresenta o melhor desempenho do tempo de reverberação e o C11 o pior desempenho.

### 3.5 Isolamento Sonoro

O procedimento de medição do isolamento aéreo consiste de medida de ruído de fundo na sala de espera e os níveis de pressão sonora da sala de consulta com e sem sinal sonoro gerado. Com esses dados o software BZ7204 da Brüel & Kjaer calcula o tempo de reverberação da sala de espera e o isolamento aéreo em função da frequência ( $R_w$ ). O software também calcula o índice de isolamento aéreo ( $R'_w$ ) da separação entre sala de consulta e espera. Para o procedimento de medição, gera-se um sinal sonoro durante um certo intervalo de tempo e nessas condições são medidos os níveis de pressão sonora ( $L_1$  e  $L_2$ ) das duas salas cujo isolamento se quer avaliar. O sinal sonoro é desligado e o equipamento mede os níveis sonoros em função do tempo até atingir o ruído de fundo ( $B_2$ ). Com as informações dos decaimentos sonoros, o tempo de reverberação ( $T_2$ ) é calculado. Ao final dessa etapa o equipamento armazena os valores de  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $T_2$  e  $B_2$  e calcula os valores do isolamento ( $R_w$ ) em função de frequência do elemento que separa os dois ambientes e determina o índice de isolamento ( $R'_w$ ).

Na tabela 5 são apresentados os resultados de  $R_w$  em função de frequência e  $R'_w$ . Quanto maior o valor de  $R'_w$ , melhor o isolamento.

Analisando-se os resultados dos índices de isolamento  $R'_w$  observa-se que estes variaram de 20 a 39. Convém lembrar que aqui não foi analisado o isolamento da superfície de separação entre sala de consulta e sala de espera mas sim o conjunto do isolamento. Nos casos onde sala de consulta e sala de

espera estão justapostas o índice  $R'_w$  representa o isolamento de parede. Já no caso em que existem corredores e ou ambientes intermediários o isolamento refere-se a esse conjunto. Os melhores desempenho de isolamento foram encontrados nas configurações onde a sala de consulta e de espera estão separadas por corredores e/ou salas intermediárias.

**Tabela 5 – Valores de  $R'$  em função da frequência e índices de isolamentos ( $R'_w$ ).**

Consultório	Frequência (Hz)							$R'_w$
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
CA	22,1	21,5	22,1	22,8	22,9	21,6	24,3	23
CB	18,2	23,8	25,7	27,3	23,4	26,8	30,3	26
CC	26,6	28,9	32,1	32,7	31,7	27,9	30,4	33
CD	23,0	22,4	23,7	24,1	31,5	23,5	23,0	27
CE	24,3	23,3	26,9	30,2	26,2	24,5	26,6	29
CF	21,6	19,1	19,6	21,6	26,3	17,7	19,4	<b>20</b>
CG	18,8	19,0	20,1	21,4	22,4	21,9	26,9	21
CH	31,0	30,3	30,7	29,3	30,3	27,2	28,2	32
CI	15,7	21,2	27,7	23,7	31,7	24,5	26,7	24
CJ	32,7	35,8	38,7	38,6	39,6	36,4	38,9	<b>39</b>

#### 4. CONCLUSÕES

Tendo em vista os vários parâmetros acústicos avaliados, observou-se que no conjunto de consultórios odontológicos analisados nenhum projeto atendeu a todos os parâmetros acústicos simultaneamente. No entanto, isso não inviabiliza o uso dos consultórios e nem gera problemas ocupacionais.

Os materiais construtivos empregados são caracterizados como materiais reflexivos quanto a absorção sonora e para as altas frequências essa parcela de absorção é bastante reduzida, o que leva a tempos de reverberação elevados.

Quando todos os equipamentos estão ligados os espectros mudam significativamente. Os espectros revelaram também que o ar condicionado contribui mais para elevação do nível de pressão sonora nas baixas frequências enquanto o motor contribui mais para elevação do nível de pressão sonora nas altas frequências. Como o ouvido humano é mais sensível as altas frequências, é por isso que o ruído do motor se sobressai mais com relação ao ruído dos outros equipamentos.

As plantas com corredor e/ou salas intermediárias apresentam melhor desempenho de isolamento sonoro entre as salas. E ainda os projetos cujas salas de consulta estão mais recuadas da rua ou protegidas por outros ambientes apresentam um melhor desempenho quanto ao isolamento sonoro.

A inteligibilidade de comunicação da fala é considerada boa nas condições de não funcionamento dos equipamentos e continua sendo boa, para as distâncias mínimas quando tudo está ligado.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: Níveis de Ruído para Conforto Acústico**. dezembro, 1987.
- BARROS, O. B. *Ergonomia 1: a eficiência ou rendimento e a filosofia correta de trabalho em odontologia*. São Paulo: Pancast, 1991.
- MEHTA, M. et al. *Architectural acoustics: principles and design*. New Jersey: Prentice-Hall, 1999.