

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

**ANÁLISE DO EQUILÍBRIO CORPORAL ESTÁTICO
ATRAVÉS DE UM BAROPODÔMETRO ELETRÔNICO**

**RAFAEL GURTLER BEKEDORF
CAMPINAS – 2003**

TCC/UNICAMP
B398a



1290001388

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

**ANÁLISE DO EQUILÍBRIO CORPORAL ESTÁTICO
ATRAVÉS DE UM BAROPODÔMETRO ELETRÔNICO**

Monografia apresentada como exigência parcial do curso Bacharel em Educação Física, pela Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas, sob orientação da Prof^ª. Dr^ª. Antonia Dalla Pria Bankoff.

CAMPINAS – 2003

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que me sustenta,
me dá vida, alegria e forças nos momentos difíceis.

De coração, a Prof. Dra. Antonia Dalla Pria Bankoff,

Minha orientadora que tanto tem me ensinado, incentivado e me ajudado a crescer.

E a todo o pessoal do Laboratório de Eletromiografia e Biomecânica da Postura:

Ademir, Carlos, Mazé, Paula, Ewerton,

Alexandre, Marcel, Thiago, Leandro, Dario, Eduardo,

Aline, Carla e Breno.

AGRADECIMENTOS

Agradeço todo o curso e este trabalho primeiramente a Deus,
O qual me abençoou e me sustentou durante toda minha vida,
Agradeço a minha família que tem me dado todo o apoio,
Meu pai (João), minha mãe (Neuza Lúcia) e minha irmã (Cláudia),
Inclusive a Kaline (minha futura esposa) e toda sua família.
Não posso esquecer do pastor José Luiz Motta e Pra. Marilene,
Pela assistência e suporte de oração,
A toda igreja Missão Paz e Vida:
Brandão, Michel, Gustavo, Guil, Gerson e Maressa, Dú, Diego, Welinton,
Marquinho e Eliana, Gilson e Nerita, Edson e Paula, Tiago Zini, Tiago Ardito,
Márcio (Geléia), Edmir, Francisca, Nair, Gustavinho, Renandez, Damaris,
E todos os demais, inclusive todo o pessoal de Mogi Mirim (Bispo Vilmar, Pra. Sueli).
Agradeço também aos professores da FEF que sempre estiveram dispostos
a ajudar e colaborar com minha formação.
E a toda turma do Torpedão (Turma 99N) sempre unida, risonha e animada.

1. Deus ama você e tem um plano maravilhoso para sua vida.

Porque Deus amou o mundo de tal maneira que deu seu Filho unigênito, para que todo aquele que nele crê não pereça, mas tenha a vida eterna. **(João 3:16)**

2. O homem é pecador e está separado de Deus, por isso não pode conhecer nem experimentar o amor e o plano de Deus para sua vida.

Pois todos pecaram e carecem da Glória de Deus. **(Romanos 3:23)**

3. Jesus é a única solução de Deus para o homem pecador. Por meio dele você pode conhecer e experimentar o amor e o plano de Deus para sua vida.

Respondeu-lhe Jesus: “Eu sou o caminho a verdade e a vida. Ninguém vem ao Pai, a não ser por mim” **(João 14:6)**

4. Precisamos receber a Jesus Cristo como Salvador e Senhor, por meio de um convite pessoal. Só então poderemos conhecer e experimentar o amor e o plano de Deus para nossa vida.

Eis que estou à porta e bato, se alguém ouvir a minha voz e abrir a porta, entrarei em sua casa e com ele cearei, e ele, comigo.

(Apocalipse 3:20)

Vida eterna a todos que receberem a Jesus:

E este é o testemunho: Deus nos deu a vida eterna, e essa vida está no seu Filho. Quem tem o Filho, tem a vida, quem não tem o Filho de Deus, não tem a vida. **(1João5:11-12)**

RESUMO

Um comportamento cotidiano como a manutenção da posição ereta, ao contrário do que parece, é uma tarefa complexa que envolve um complexo relacionamento entre informação sensorial e atividade motora (BARELA, 2000). O mapeamento do equilíbrio em diferentes posições da base de estabilidade pode ser útil para avaliar a performance do sistema de controle postural em controlar o equilíbrio em situações extremas em que o corpo humano possa cair (DUARTE, 2000). O objetivo do trabalho é realizar a fundamentação teórica e analisar o equilíbrio corporal estático através da utilização da Baropodometria. O estudo conta com 30 sujeitos, com idade média de $40,47 \pm 10,66$ anos, com estatura corporal média de $1,66 \text{ m} \pm 0,11$, massa corporal média $71,89 \text{ Kg} \pm 11,94$ e IMC médio de $26,09 \pm 4,08$. Os dados para a análise são as oscilações ântero-posteriores (eixo y), laterais (eixo x) e oscilações do centro de pressão em superfície (em cm^2) mensurados através de um Baropodômetro Eletrônico da Physical Support Italy. Todos os dados foram coletados com os sujeitos de olhos abertos e depois olhos fechados, tanto bipodálica, quanto monopodálica. Entre os resultados, não houve correlação significativa das oscilações corporais com as variáveis antropométricas, nem com a idade. Na comparação dos olhos abertos com os olhos fechados, com exceção das oscilações bipodálicas, todos os casos apresentaram valores significativamente maiores com os olhos fechados. Em relação ao comportamento das oscilações, as bipodálicas apresentaram valores maiores nas oscilações no eixo y e nas oscilações monopodálicas valores superiores no eixo x. Observa-se nesse estudo a complexidade da posição ortostática, os diversos fatores e variáveis que influem direta e indiretamente no equilíbrio humano, que vão muito além de apenas fatores mecânicos e antropométricos, como um objeto, mas também diversos fatores neuromusculares, próprios da complexidade do ser humano.

Palavras-chave: Equilíbrio corporal, estabilometria e baropodometria.

ABSTRACT

A daily behavior such as the maintenance of the erect position is a difficult task that involves a complex relationship between motor activity and sensorial information (BARELA, 2000). The balance identification in different positions of the stability bases might be useful to evaluate the performance of the body control system to keep the balance in extreme situations that the body can face (DUARTE, 2000). The present work has as objective main to carry through the literature revision and to analyze the static corporal balance through of the Baropodometry. The study was carried out with 30 individuals of both sexes, 40.47 ± 10.66 years old, body stature mean of $1.66\text{m} \pm 0.11$, body weight $71.89 \text{ Kg} \pm 11.94$ and BMI 26.09 ± 4.08 . The data for the analysis are the anterior-posterior oscillations (axle y), laterals (axle x) and oscillations of the center of pressure in surface (in cm^2) collected through an Electronic Baropodometer of the Physical Support Italy. All the data had been collected with the citizens of open eyes and later closed eyes, bipodalic, how much in such a way monopodalic. There was no significant correlation between body oscillations, age and anthropometrical variables. With exception of the bipodalic oscillations, all other tests performed comparing open and closed eyes showed significantly higher values to the closed eyes test. In respect to the oscillations with the open eyes test, the bipodalic analysis showed higher values on the anterior-posterior oscillations and lateral oscillations in the monopodalic one. The complexity of the ortostatic position, the diverse factors is observed in this study and variable that influence directly and indirectly in the human balance, that goes much more beyond only mechanical and anthropometrical factors, as an object, but also diverse factors neuromusculares, proper of the complexity of the human being.

Key words: Corporal balance, stabilometry and baropodometry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Labirinto ósseo e nervo vestibulo-coclear, modelo na sua posição natural, projetado sobre o osso temporal. Vista superior _____	07
Figura 2: Labirinto ósseo direito (cápsula ótica), vista ântero-lateral: osso esponjoso circundante removido _____	09
Figura 3: Labirinto membranáceo direito com nervos: vista póstero-medial _____	10
Figura 4: Desenho esquemático do labirinto membranoso _____	13
Figura 5: Núcleos e vias vestibulares _____	17
Figura 6: Base de sustentação de apoio bipodálico _____	24
Figura 7: Base de sustentação de apoio monopodálico (Esquerdo e Direito) _____	24
Figura 8: As três estratégias utilizadas por adultos no controle da posição ortostática, da esquerda para a direita: estratégia do tornozelo, estratégia do quadril e estratégia da passada _____	26
Figura 9: Primeira situação do teste de Romberg _____	28
Figura 10: Segunda situação do teste de Romberg _____	28
Figura 11: Terceira situação do teste de Romberg _____	28
Figura 12: Quarta situação do teste de Romberg _____	28
Figura 13: Baropodômetro Eletrônico _____	29
Figura 14: Junção dos módulos (placas) _____	30
Figura 15: Sensores eletrônicos _____	30
Figura 16: Cobertura sensível _____	30
Figura 17: Palmilha com sensores _____	31
Figura 18: Análise estática _____	31
Figura 19: Análise estabilométrica _____	32
Figura 20: Análise das oscilações _____	33
Figura 21: Análise gráfica das oscilações _____	34
Figura 22: Plataforma modular com sensores do baropodômetro eletrônico _____	62
Figura 23: Foto ilustrativa para exemplificar uma análise baropodométrica (estática e estabilométrica) _____	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cores e valores dos pontos de pressão da análise estabilométrica _____	33
Tabela 2: Dados médios, desvio padrão, (mínimo – máximo valor) de idade, estatura, massa corporal e IMC dos indivíduos _____	37
Tabela 3: Estatística descritiva das oscilações com: média, mínimo valor, máximo valor e desvio padrão _____	38
Tabela 4: Oscilações correlacionadas com a estatura corporal, para $p < 0,05$ _____	39
Tabela 5: Oscilações correlacionadas com o peso corporal, para $p < 0,05$ _____	41
Tabela 6: Oscilações correlacionadas com o IMC, para $p < 0,05$ _____	42
Tabela 7: Oscilações correlacionadas com a idade, para $p < 0,05$ _____	44
Tabela 8: Teste t na comparação da oscilação lateral do pé esquerdo com a oscilação ântero-posterior do pé direito, ambas com os olhos abertos, com diferença significativa para $p < 0,05$ _____	48
Tabela 9: Tabela descritiva das oscilações no eixo x _____	59
Tabela 10: Tabela descritiva das oscilações no eixo y _____	60
Tabela 11: Tabela descritiva das oscilações em superfície _____	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comportamento das oscilações bipodálicas _____	45
Gráfico 2: Oscilações monopodálicas com o pé direito e esquerdo no eixo x (oscilação lateral), houve diferença significativa entre os olhos abertos e fechados nos dois casos, para $p < 0,05$ _____	46
Gráfico 3: Oscilações monopodálicas com o pé direito e esquerdo no eixo y (oscilação antero-posterior), houve diferença significativa entre os olhos abertos e fechados nos dois casos, para $p < 0,05$ _____	47
Gráfico 4: Superfície de oscilações monopodálicas com o pé direito e esquerdo, houve diferença significativa entre os olhos abertos e fechados nos dois casos, para $p < 0,05$ _____	47
Gráfico 5: Comportamento das oscilações com os olhos abertos do pé direito e esquerdo _____	49
Gráfico 6: Comportamento das oscilações com o pé direito, eixo x e eixo y _____	50
Gráfico 7: Comportamento das oscilações com o pé esquerdo, eixo x e eixo y _____	51
Gráfico 8: Estatística descritiva das oscilações no eixo x _____	59
Gráfico 9: Estatística descritiva das oscilações no eixo y _____	60
Gráfico 10: Estatística descritiva das oscilações em superfície _____	61

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE GRÁFICOS	X
1. INTRODUÇÃO	01
2. JUSTIFICATIVA	04
3. OBJETIVO	05
3.1. OBJETIVO GERAL	05
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	05
4. REVISÃO DA LITERATURA	06
4.1 SISTEMA VESTIBULAR	
4.1.1. ANATOMIA DO SISTEMA VESTIBULAR	07
4.1.2. FISIOLOGIA DO SISTEMA VESTIBULAR	11
4.1.3. NEUROFISIOLOGIA	14
4.1.4. CEREBELO	18
4.1.5. SISTEMA VESTIBULAR E VISÃO	20
4.1.6. O PAPEL DA PROPRIOCEPÇÃO	21
4.1.7 VERTIGEM	22
4.2. ASPECTOS MECÂNICOS	23
4.3. O BAROPODÔMETRO ELETRÔNICO	29
5. METODOLOGIA	35
5.1. SUJEITOS	35
5.2. INSTRUMENTO UTILIZADO	35
5.3. AQUISIÇÃO DE DADOS	35
5.4. TRATAMENTO ESTATÍSTICO	36
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
APÊNDICE	59
ANEXOS	63

1. INTRODUÇÃO

Um fator peculiar aos seres humanos bastante significativo é a posição ortostática (posição corporal bípede estável). Sendo assim, mesmo um comportamento cotidiano como a manutenção da posição ereta, ao contrário do que parece, é uma tarefa complexa que envolve um complexo relacionamento entre informação sensorial e atividade motora (BARELA, 2000).

Enoka (2000) afirma que um sistema está em equilíbrio mecânico quando a somatória de forças que atuam sobre ele é igual a zero. Entretanto, essa não é uma tarefa fácil. Barela (2000) afirma que mesmo uma pessoa que procure se manter em pé o mais estável possível ocorrem oscilações constantes para a manutenção da posição (bípede). Essas oscilações são decorrentes da dificuldade em manter os muitos segmentos corporais alinhados entre si sobre uma base de suporte restrita, utilizando o sistema muscular que produz forças que variam ao longo do tempo. Portanto, os segmentos corporais controlados pela ação muscular são incapazes de permanecer em orientações constantes. O mesmo foi encontrado por De Luca; LeFever; McCue; Xenakis, apud Barela (2000). A manutenção da postura vertical do corpo humano se assemelha a um pêndulo invertido como afirmam Oliveira; Imbiriba; Garcia (2000), não sendo fácil equilibrá-lo, especialmente na presença de perturbações externas e mantendo-o em uma orientação contra o campo gravitacional (LATASH, 1998).

Além disso, a postura ortostática é influenciada por diversos fatores fisiológicos, como a respiração, os batimentos cardíacos e retorno venoso como afirmam Imbiriba e também Inamura et al. apud Oliveira; Imbiriba; Garcia (2000).

Para o equilíbrio corporal ser mantido é necessário um conjunto de estruturas funcionalmente entrosadas: o sistema vestibular, sistema óptico e o sistema proprioceptivo. Os receptores vestibulares informam a posição e os movimentos da cabeça ao Sistema Nervoso Central (SNC), dos olhos provém a percepção das relações espaciais e os interoceptores dos músculos, tendões, articulações, vísceras, etc. Os exteroceptores da pele se encarregam da percepção da postura e dos movimentos do corpo (CAOVILLA et al, 1997).

A manutenção do equilíbrio geral é realizada pelo sistema vestibular. Esse sistema é o órgão que detecta as sensações de equilíbrio, sendo composto de um sistema de tubos ósseos e câmaras na porção petrosa do osso temporal chamado de labirinto ósseo e dentro dele um sistema de tubos membranosos e câmaras chamado de labirinto membranoso, que é a parte funcional do sistema vestibular (GUYTON, 1992).

Os receptores contidos em todo esse sistema são sensíveis as alterações no movimento da cabeça e/ou da direção do movimento. Esses receptores recebem informações sobre a aceleração linear e a aceleração angular enviando impulsos nervosos ao Sistema Nervoso Central (SNC) no que diz respeito a essa mudança de posição. Esse mecanismo nos permite ter uma percepção da aceleração ou desaceleração ao correr e ao andar, além disso, a percepção da aceleração angular nos ajuda a manter o equilíbrio ao virar e ao girar a cabeça (POWERS; HOWLEY, 2000).

Qualquer movimento que se faça com a cabeça acarreta em um estímulo dos receptores do sistema vestibular, o qual transmite informação neural ao cerebelo e aos núcleos vestibulares (localizado no tronco cerebral) que são responsáveis também para excitar os músculos antigravitacionais, importantes para a manutenção do corpo na posição em pé. Os núcleos vestibulares auxiliam o sistema reticular pontino (também localizado no tronco cerebral) nessa função, que sem esse suporte perde muito na sua força.

GUYTON (1992) em relação aos núcleos vestibulares afirma que:

O papel específico dos núcleos vestibulares é, no entanto, o de controlar seletivamente os sinais excitatórios dos músculos antigravitacionais com o objetivo de manter o equilíbrio em respostas a sinais provenientes do sistema vestibular (p. 538).

Além de todo o processo descrito, os núcleos vestibulares enviam informações ao centro oculomotor (que controla os movimentos dos olhos), pois cada vez que a cabeça faz uma rotação subitamente, sinais enviados dos canais semicirculares causam a rotação dos olhos na direção igual e contrária à rotação da cabeça, para estabilizar a direção de fixação dos olhos para que possam permanecer “fixados” sobre cada objeto por tempo suficientemente necessário que seja obtida uma imagem nítida. Esse fenômeno se deve ao fato dos reflexos provocados por sinais transmitidos dos canais semicirculares para os núcleos oculares, por meio dos núcleos vestibulares e do fascículo longitudinal medial (GUYTON, 1992).

Considerando os núcleos vestibulares como parte de todo o sistema vestibular, são de fundamental importância na manutenção do equilíbrio, já que eles também atuam enviando mensagens aos neurônios da medula espinhal para controlar os movimentos da cabeça, além dos olhos, durante a atividade física, mantendo o equilíbrio e permitindo o controle visual dos eventos do movimento (POWERS; HOWLEY, 2000).

Em relação à importância do sistema vestibular na prática de atividade física POWERS; HOWLEY (2000) dizem que:

Em suma, o sistema vestibular é sensível à posição da cabeça no espaço e as súbitas alterações da direção dos movimentos do corpo. Suas principais funções são a manutenção do equilíbrio e a preservação da posição da cabeça num plano constante. O funcionamento inadequado do sistema vestibular impede o desempenho preciso em qualquer atividade atlética que exija movimentação da cabeça. Como a maioria dos eventos esportivos requer no mínimo alguma movimentação da cabeça, a importância do sistema vestibular se torna óbvia (p. 118).

O equilíbrio postural, tanto o dinâmico quanto o estático são imprescindíveis para a prática esportiva, para a atividade humana produtiva, ou até mesmo para as atividades de lazer, no entanto, diferem entre si, já que o equilíbrio dinâmico tem sua situação se modificando constantemente, e existem relativamente poucas posições momentâneas ou nenhuma, em que se cumpram as condições do equilíbrio estável (BANKOFF, 1992). Para a análise do equilíbrio estático, que é o foco deste trabalho, o Baropodômetro Eletrônico mostra ser uma ótima ferramenta para estudo já que a distribuição da carga no pé se reflete na postura e no equilíbrio postural (MARSICO et al. 2002).

2. JUSTIFICATIVA

O estudo e a compreensão do equilíbrio humano torna-se importante para poder ajudar a aumentar o entendimento do corpo e de seu potencial para as atividades produtivas e as atividades físicas. Ressaltando que a estabilidade do corpo para um indivíduo ficar de pé, só é possível graças a um potente conjunto de estruturas especializadas, ossos, músculos e um sistema nervoso complexo. Cada dia mais, a tecnologia oferece facilidades na vida produtiva e economia de tempo, muitas vezes substituindo o trabalho que o homem faz com seu próprio corpo e esforço, criando assim uma tendência cada vez maior de substituir o trabalho e o esforço humano. Esses fatores contribuem para uma vida menos ativa e mais sedentária, podendo causar distúrbios posturais, obesidade, atrofias e encurtamentos musculares, etc. Com todo esse processo, as capacidades físicas são prejudicadas e o equilíbrio também. Tomando a base que o equilíbrio humano, para ficar na posição bípede, envolve todo um complexo sistema de manutenção dessa postura, o equilíbrio se torna um requisito essencial para o desenvolvimento de outras capacidades básicas.

Duarte (2000) cita que o mapeamento do equilíbrio em diferentes posições da base de estabilidade pode ser útil para avaliar a performance do sistema de controle postural em controlar o equilíbrio em situações extremas em que o corpo humano possa cair.

Bankoff et al. (1992) concluem que o equilíbrio na postura corporal tem sido pouco estudado por falta de mecanismos de avaliação. Para isso, uma alternativa viável é o estudo do equilíbrio através da análise estabilométrica de um Baropodômetro Eletrônico. Marsico et al (2002) afirmam que a distribuição de carga no pé se reflete na postura e no equilíbrio postural. A utilização da baropodometria na análise do equilíbrio corporal é uma tecnologia recente, existindo pouquíssimas pesquisas relatando seu uso, pois é normalmente utilizada para fins clínicos, explicando assim a inexistências de artigos acadêmicos sobre o assunto. No entanto, se mostra uma excelente metodologia para avaliar o equilíbrio através do deslocamento do centro de pressão (SCHMIDT et al, 2003) Por isso, o presente trabalho tem como objetivo estudar o equilíbrio estático humano, com fundamentação teórica e com a análise de dados estabilométricos, coletados no aparelho Baropodômetro Eletrônico.

3. OBJETIVO

3.1. OBJETIVO GERAL

Estudar o equilíbrio corporal estático de sujeitos do sexo masculino e feminino através da barapodometria eletrônica.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a influência da visão no controle do equilíbrio postural;
- Fazer uma análise comparativa da estabilometria monopodálica com a bipodálica;
- Verificar se existem diferenças significativas nas oscilações do centro de pressão, eixo x e eixo y, tanto para o pé direito quanto o pé esquerdo na análise monopodálica;
- Verificar o comportamento das oscilações bipodálicas e monopodálicas, quanto às suas manifestações, em relação aos eixos x e y.

4. REVISÃO DA LITERATURA

Quando se refere a equilíbrio, especifica-se aquela situação na qual o corpo adota uma determinada posição em relação ao espaço, na qual a cabeça é dirigida para cima e a face para frente com ereção do corpo todo com o intuito de posicionar a cabeça na parte alta, essa posição em pé é a posição ortostática ou ereta (DOUGLAS, 2002).

Enoka (2000) afirma que um sistema está em equilíbrio mecânico quando a somatória de forças que atuam sobre ele é igual a zero, entretanto essa não é uma tarefa fácil. Barela (2000) afirma que mesmo quando uma pessoa que procura manter-se em pé o mais estável possível, ocorrem oscilações constantes para a manutenção da posição (bípede), decorrentes da dificuldade em manter os muitos segmentos corporais alinhados entre si sobre uma base de suporte restrita, utilizando o sistema muscular que produz forças que variam ao longo do tempo. Portanto, os segmentos corporais controlados pela ação muscular são incapazes de permanecer em orientações constantes, sendo que o mesmo foi encontrado por De Luca; LeFever; McCue; Xenakis, apud Barela (2000).

Bankoff (1992) cita que existe uma relação entre equilíbrio e as posições posturais, onde a manutenção do equilíbrio corporal postural se modifica numa velocidade de milésimos de segundo, e que em relação ao equilíbrio e manutenção do equilíbrio corporal postural, pequenas diferenças são significativas em função da oscilação, durante a marcha, a locomoção e também nas posturas estáticas.

A manutenção da postura vertical do corpo humano se assemelha a um pêndulo invertido como afirmam Oliveira; Imbiriba; Garcia (2000), não sendo fácil equilibrá-lo, especialmente na presença de perturbações externas buscando mantê-lo em uma orientação contra o campo gravitacional (LATASH, 1998). Além disso, a postura ortostática é influenciada por diversos fatores fisiológicos, como a respiração, os batimentos cardíacos e retorno venoso como afirmam Imbiriba e Inamura et. al. apud Oliveira; Imbiriba; Garcia (2000).

Para o equilíbrio corporal estático ser mantido é necessário um conjunto de estruturas funcionalmente entrosadas: o sistema vestibular, sistema óptico e o sistema proprioceptivo. A manutenção do equilíbrio geral é realizada pelo sistema vestibular, esse sistema detecta as sensações de equilíbrio, sendo composto de um sistema de tubos ósseos e câmaras na porção petrosa do osso temporal chamado de labirinto ósseo e dentro dele um sistema de tubos membranosos e câmaras chamado de labirinto membranoso (ou membranáceo), que é a parte funcional do sistema vestibular (GUYTON, 1992).

4.1.1. ANATOMIA DO SISTEMA VESTIBULAR

O labirinto ósseo está contido na parte petrosa do osso temporal, de ambos os lados da cabeça, medindo cerca de 20 mm de comprimento no seu eixo maior, paralelo à face posterior da porção petrosa, e constitui o estojo que aloja o labirinto membranáceo (COSTA; CRUZ; OLIVEIRA, 1994). É constituído por três partes: a cóclea, o vestíbulo e os canais semicirculares (DANGELO; FATTINI, 2002) sendo revestido por uma membrana fibrosa excessivamente fina, com sua superfície de inserção áspera, fibrosa e muito aderente ao osso. A sua superfície livre é lisa, pálida, revestida por uma camada de epitélio e secreta a perilinfa, um fluido pouco denso (GRAY, 1988).

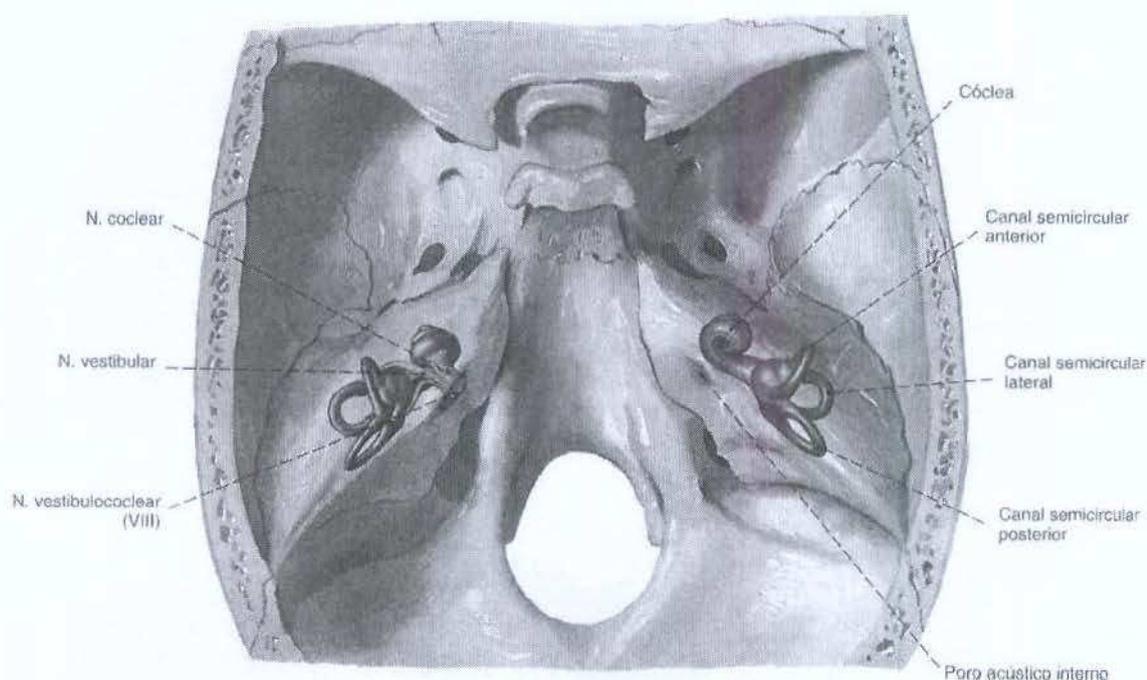


Figura 1: Labirinto ósseo e nervo vestibulo-coclear, modelo na sua posição natural, projetado sobre o osso temporal. Vista superior. **Fonte:** Sobotta. **Atlas de Anatomia Humana**, 1993 p.376.

É importante ressaltar que o labirinto ósseo ocupa a parte lateral da parte petrosa do osso temporal, sendo que suas paredes são feitas de osso mais denso do que o restante da parte petrosa do osso temporal e constitui a cápsula ótica, que é freqüentemente ilustrada e identificada como sendo o labirinto ósseo, contudo, o labirinto ósseo é o espaço que contém líquido, que é envolvido pela cápsula ótica (MOORE; DALLEY, 1999). Sendo assim, como descrito, o vestíbulo, a cóclea e os canais semicirculares constituem o labirinto ósseo, onde

essas formações são cavidades escavadas na substância do osso e revestidos por periósteo, contém um líquido claro (perilíngua), no qual o labirinto membranáceo está suspenso (GRAY; 1988).

Como citado por Moore e Dalley (1999), o labirinto membranáceo contendo endolíngua está suspenso dentro do labirinto ósseo pela perilíngua e ambos os líquidos transportam ondas sonoras para os órgãos terminais para audição e equilíbrio.

O vestíbulo, parte do labirinto ósseo, é uma câmara central de forma ovóide medindo cerca de 4 mm de diâmetro, sendo a parte mais volumosa do labirinto ósseo, como descrito por Costa; Cruz; Oliveira (1994). Situa-se entre a cóclea e os canais semicirculares e apresenta duas vesículas membranosas: o sáculo e o utrículo – que são partes do labirinto membranáceo (DANGELO; FATTINI, 2002).

A cóclea tem o aspecto de uma concha de caracol, consiste em um canal espiralado com cerca de 32 mm de extensão com duas voltas (giros) e meia ou duas voltas e três quartos, é a parte anterior do labirinto ósseo (COSTA; CRUZ; OLIVEIRA, 1994), perfurada por numerosas aberturas para a passagem de filetes da porção coclear do nervo vestibulococlear (GRAY, 1988). A cóclea contém o ducto coclear (parte relacionada com a audição) e o canal espiral da cóclea começa no vestíbulo e contorna o modíolo, que é um núcleo de osso esponjoso em forma de cone que contém canais para vasos sanguíneos e para a distribuição do nervo coclear (MOORE; DALLEY, 1999).

Outra estrutura que constitui o labirinto ósseo são os três canais semicirculares ósseos que contém três ductos semicirculares membranáceos. Os canais semicirculares estão arranjados em ângulos retos entre si, formando um canal semicircular anterior, um lateral e um posterior. Os canais semicirculares anterior e posterior são verticais e o canal semicircular lateral é horizontal, cada ducto semicircular membranáceo apresenta uma dilatação chamada ampola membranácea contendo células receptoras que detectam as movimentações da cabeça captando informações referentes ao equilíbrio (SPENCE, 1991). Como os canais semicirculares ocupam os três eixos ortogonais do espaço, formando ângulos retos uns com os outros, permitem a captação de informações referentes a movimentos da cabeça em todos os planos, como afirmam Berne e Levy (2000).

Gray (1988) afirma que o canal semicircular anterior é vertical, descreve quase dois terços de um círculo e a sua extremidade lateral é dilatada formando a ampola. Em relação ao canal semicircular posterior, Costa; Cruz; Oliveira (1994) dizem que é vertical (assim como o anterior), mede entre 18 e 22 mm de comprimento e seu ramo ampular abre-se na parte

inferior do vestíbulo. Gray (1988) afirma também que o canal semicircular lateral é o mais curto dos três, medindo cerca de 12 a 15 mm, com seu arco dirigido horizontal e lateralmente.

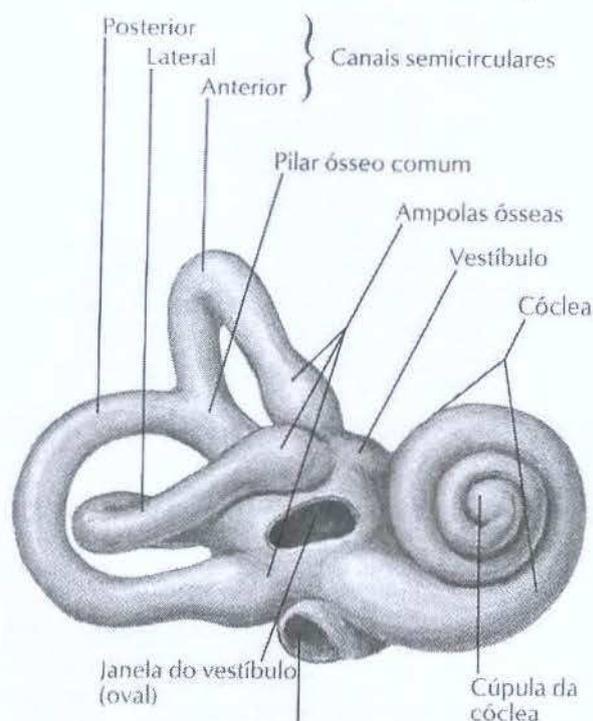


Figura 2: Labirinto ósseo direito (cápsula ótica), vista ântero-lateral: osso esponjoso circundante removido. **Fonte:** Netter. **Atlas de Anatomia Humana**, 2000 lâmina 90.

Como já descrito anteriormente, o labirinto membranáceo consiste em um composto de vesículas e ductos comunicantes que estão suspensos no labirinto ósseo, contém um líquido aquoso chamado endolinfa, diferente da perilinfa que é o líquido que preenche o restante do labirinto ósseo, como descrito por Moore e Dalley (2001).

Os autores classificam o labirinto membranáceo em duas partes: o labirinto vestibular constituído pelo *utrículo*, *sáculo* (duas pequenas vesículas comunicantes situados no vestíbulo do labirinto ósseo) e *três ductos semicirculares* (situados nos canais semicirculares) e a segunda parte do labirinto membranáceo que é o labirinto coclear, constituído pelo ducto coclear, situado na cóclea.

Dangelo e Fattini (1998) afirmam que o labirinto membranáceo, constituído pelo sáculo, utrículo e ductos semicirculares está diretamente relacionado com o equilíbrio, por esse motivo à direção do presente estudo.

O utrículo é a maior das duas vesículas que ocupam o vestíbulo, sua porção sensorial é denominada mácula. Na porção ântero-medial do utrículo nasce um fino tubo, o ducto utrículo-sacular, que se interliga com o sáculo e com o ducto endolinfático (COSTA, CRUZ; OLIVEIRA, 1994).

O sáculo é a menor das duas vesículas vestibulares. É esférico e sua cavidade não se comunica diretamente com a do utrículo, sua parede anterior apresenta um espessamento oval, que é a mácula (recepção sensorial) do sáculo, à qual os filamentos saculares do nervo vestibulococlear são distribuídos (GRAY, 1988).

Segundo Dangelo e Fattini (2002) os ductos semicirculares se localizam dentro dos canais semicirculares e se abrem no utrículo, e que a extremidade que se abre no utrículo apresenta uma dilatação chamada ampola, nesta situa-se um órgão sensorial específico que é denominado crista ampular.

Douglas (2002) descreve que um dos canais semicirculares está disposto num plano horizontal, onde seus receptores captam variações posturais na rotação da cabeça, outro canal semicircular se dispõe no plano frontal e que seu receptor capta deslocamentos para direita ou para a esquerda e o terceiro canal, no plano sagital que tem seus receptores sensíveis à inclinação da cabeça para frente e para trás.

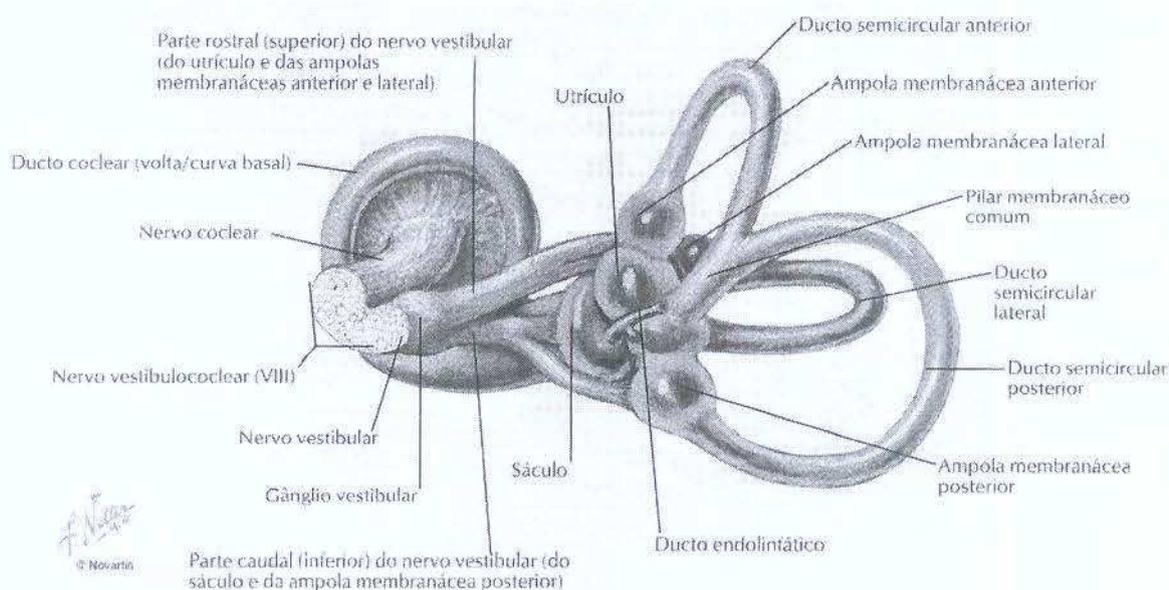


Figura 3: Labirinto membranaceo direito com nervos: vista postero-medial **Fonte:** Netter. Atlas de anatomia humana, 2000 lâmina 90

4.1.2. FISILOGIA DO SISTEMA VESTIBULAR

Como descrito anteriormente, os três canais semicirculares, o utrículo e o sáculo formam o sistema vestibular que é o sistema de equilíbrio (DOUGLAS, 2002). Friedman (1986) cita que o sistema vestibular, também chamado de labirinto, é a parte não acústica da orelha interna, sendo responsável, em parte, da origem de atividades reflexas em relação à orientação do corpo no espaço durante o repouso e o movimento.

Existem células receptoras do sistema vestibular que estão localizadas no sáculo, no utrículo e no interior das ampolas dos ductos semicirculares, onde mudanças na posição da cabeça afetam o equilíbrio estático e os movimentos da cabeça afetam o equilíbrio dinâmico (SPENCE, 1991).

O utrículo e o sáculo são chamados também de órgão otolíticos (BERNE; LEVY, 2000), ambos contém receptores que suprem informações sobre a posição da cabeça relativamente à direção das forças da gravidade e sobre qualquer aceleração linear da cabeça (VANDER; SHERMAM; LUCIANO, 1981). Esses receptores são determinados mácula, compostas por grupos de células pilosas cujos pêlos estão mergulhados numa substância gelatinosa. No interior desta estão minúsculas partículas de carbonato de cálcio denominadas otólitos, que tornam a substância gelatinosa mais pesada que a endolinfa que preenche o labirinto membranáceo, permitindo conforme a mudança de posição da cabeça, a mudança da direção da força da substância gelatinosa sobre as células pilosas, determinando a saída dos pêlos de sua posição normal (SPENCE, 1991).

Sendo assim, o utrículo está orientado de modo que, com qualquer inclinação da cabeça aciona a excitação de uma população de células ciliadas, ao mesmo tempo em que inibe outra, gerando um padrão específico de atividade aferente (SCHAUF; MOFFETT; MOFFETT, 1993). Segundo Douglas (2002) o utrículo é importante para o reconhecimento da direção e orientação do movimento da cabeça no espaço e Tavares; Furtado; Santos (1984) dizem que os estímulos para o utrículo são as acelerações gravitacionais e outros tipos de acelerações lineares.

Para Spence (1991) o utrículo – nesse caso – é o órgão receptor principal e o papel do sáculo no homem ainda é desconhecido, mas Douglas (2002) afirma que existem argumentos de que o sáculo poderia participar na manutenção do equilíbrio em condições de ausência da força gravitacional, como nas viagens de cosmonautas, para os quais, faltando gravidade, mantêm-se flutuando, mas conservando a cabeça em certa posição elevada, que talvez poderia ser determinada por reflexos posturais iniciados presumivelmente na mácula sacular. Caovilla

et al (1997) supõem que o sáculo seria um órgão destinado à percepção de vibrações, funcionalmente mais relacionado com a audição do que ao equilíbrio corporal e que se sabe que sons explosivos muito intensos podem disparar um reflexo de sensação súbita de deslocamento no espaço, por excitação sacular.

Os canais semicirculares contêm os ductos semicirculares que apresentam uma certa dilatação chamada de ampola, que em cada uma existe as células receptoras ciliadas que juntamente com as células de sustentação formam a crista ampular, como descrito por Tavares; Furtado; Santos (1984), que também afirmam que a cúpula gelatinosa é uma estrutura acessória que faz saliência no líquido e enche o interior da ampola e como a cúpula preenche a ampola, a endolinfa não flui ao redor dela e os esterocílios e os quinocílios das células da crista estão mergulhados na ampola.

Em relação a essas estruturas, Douglas (2002) cita que os cílios das células ampulares se orientam de forma paralela, estruturando uma disposição em paliçada, correspondendo a dois tipos distintos: o quinocílio, que é uma estrutura única, mais alongada e com maior rigidez, e os esterocílios, são múltiplos, menores, paralelos na sua disposição quanto ao quinocílio e mais flexíveis.

Como descrevem Vander; Shermam; Luciano (1981), toda vez que a cabeça é movida, a parede óssea do canal semicircular, o saco membranoso nele incluído e os corpos a eles ligados das células ciliadas, naturalmente movem-se junto, a endolinfa que não está unida ao crânio, devido à inércia, tende a manter sua posição original, pressionando contra a massa gelatinosa, incluindo os cílios no seu interior, estimulando as células ciliadas, sendo assim a velocidade e a magnitude do movimento da cabeça determina a direção na qual os cílios serão inclinados e como e quanto às células ciliadas serão estimuladas.

Sendo assim, o quinocílio é pouco deformável, e são os esterocílios que se deslocam junto com a cúpula, nesse fato, se aproximam ou se afastam do quinocílio, que se mantém como um poste rígido de referência. Caso os esterocílios se aproximem do quinocílio correspondente, ocorre um potencial gerador e posteriormente um potencial de ação, produzindo despolarização da célula receptora, determinando-se descarga de impulsos pelas células aferentes. Já no caso de afastamento dos esterocílios em relação aos quinocílios, produz-se uma hiperpolarização, diminuindo a frequência de descargas de impulsos – inibição (DOUGLAS, 2002). Caovilla et al (1997) citam que o deslocamento dos esterocílios na direção do quinocílio estimula a célula e o deslocamento na direção contrária inibe a célula.

Caovilla et al (1997) afirmam também que na crista ampular do canal semicircular lateral, todos os quinocílios estão localizados do lado do utrículo e na crista ampular dos

canais superior e posterior os quinocílios estão localizados do lado oposto ao utrículo. As células ciliadas são semelhantes tanto nas cristas das ampolas dos ductos semicirculares, na mácula utricular e na mácula sacular, todas elas são os receptores sensoriais do sistema vestibular.

As células sensoriais ciliadas se diferenciam em dois tipos: tipo I e tipo II. As células de tipo I são piriformes, são rodeadas por terminação nervosa essencialmente aferente. Em forma de cálice, envolvendo a maior parte da célula, existem botões sinápticos microvesiculosos encontrados no terminal em cálice que correspondem às fibras aferentes, como descrito por Caovilla et al (1997). As células do tipo II, que são cilíndricas, com seu núcleo colocado a vários níveis, porém em geral, mais centralmente do que na célula do tipo I. Esse tipo de célula contém botões sinápticos, que podem ser granulados ou não-granulados. Os granulados são considerados como derivados de fibras eferentes e os não-granulados são aqueles de fibras aferentes que conduzem informações sensoriais para o sistema nervoso central (GRAY, 1979).

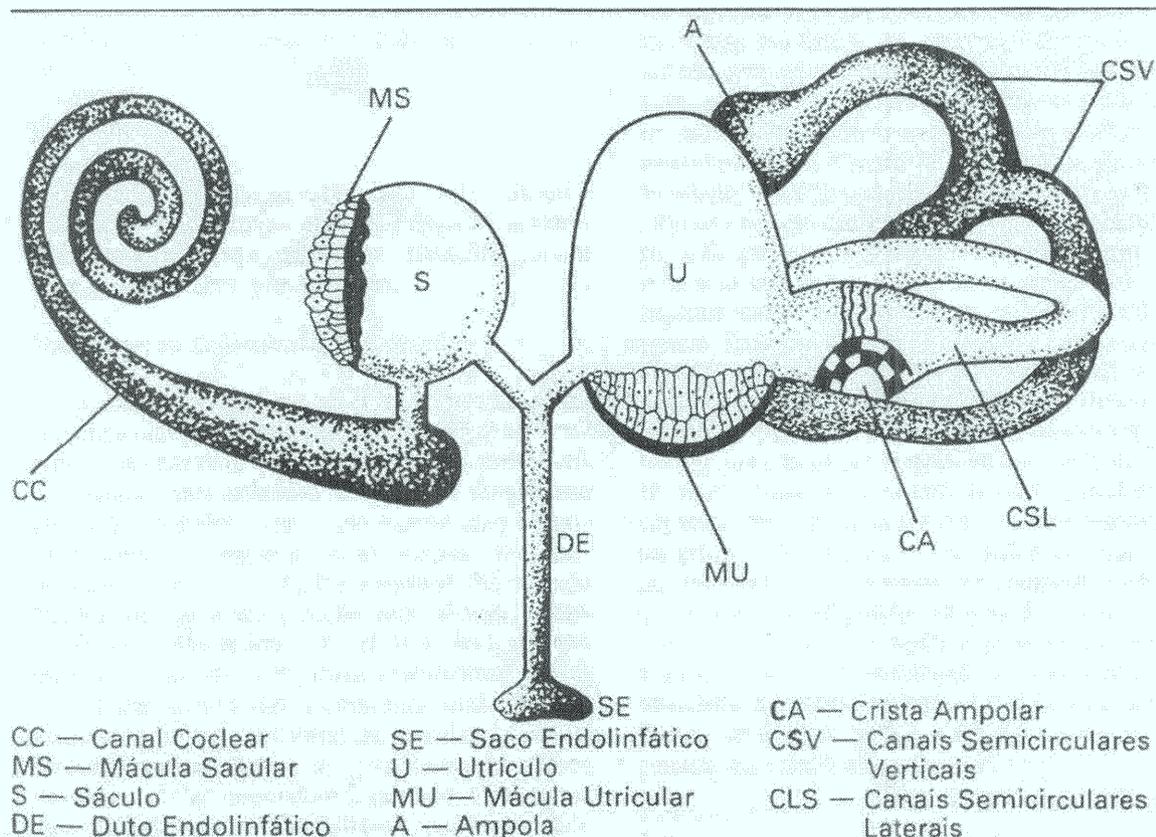


Figura 4: Desenho esquemático do labirinto membranoso. **Fonte:** Tavares, Furtado, Santos. Fisiologia humana, 1984 p.111

4.1.3. NEUROFISIOLOGIA

O sistema vestibular tem um papel importante na manutenção do equilíbrio, com interação com o sistema nervoso central, através das fibras nervosas aferentes que provém das cristas ampulares ou das máculas otolíticas, que atingem a cavidade craniana pelo meato acústico interno, onde se encontram os corpos celulares bipolares formando o gânglio de Scarpa (ou gânglio Vestibular). São essas fibras que vão formar a porção vestibular do oitavo par de nervos cranianos (COSTA; CRUZ; OLIVEIRA, 1994).

Caovilla et al (1997) afirmam que o nervo vestibular superior é o que recebe as fibras dos ductos lateral e superior, utrículo e sáculo. O nervo vestibular inferior é o que recebe fibras do sáculo e ducto semicircular posterior, afirmam também que o nervo vestibular é constituído por cerca de 19 mil fibras nervosas (axônios de neurônios) de diâmetro variável, a maioria mielinizada.

O nervo vestibulo-coclear, também chamado de estatoacústico, é o VIII par craniano e divide-se num ramo anterior ou coclear e outro posterior ou vestibular (COSTA; CRUZ; OLIVEIRA, 1994). Bear; Connors; Paradiso (2002) afirmam que os axônios vestibulares primários do VIII par de nervos cranianos fazem conexões diretas com os núcleos vestibulares, que também recebem aferências de outras partes do sistema nervoso, incluindo o cerebelo, os sistemas sensoriais somático e visual.

As fibras aferentes do sistema vestibular terminam nos núcleos vestibulares, localizados no bulbo rostral e na ponte caudal. Os núcleos vestibulares incluem os núcleos vestibulares superior, lateral, medial e inferior, sendo que as fibras ampulares aferentes terminam nos núcleos vestibular superior, lateral e medial, enquanto as fibras aferentes otolíticas terminam nos núcleos lateral e inferior. As fibras aferentes também geram colaterais para o cerebelo (BERNE; LEVY, 2000).

Tavares; Furtado; Santos (1984) descrevem que os núcleos vestibulares têm associações com os núcleos óculo-motores, medulares, neurovegetativos, completando o arco reflexo vestibulo-efetor, muscular ou vegetativo.

Em suma, os núcleos vestibulares são estações de integração das informações enviadas pelas estruturas envolvidas na manutenção do equilíbrio corporal, controlando os três reflexos fundamentais para o equilíbrio: o vestibulo-ocular, vestibulo-espinhal e vestibulo-cerebelar e também os demais reflexos oculares e espinhais coadjuvantes. É importante ressaltar que algumas fibras do nervo vestibular não se dirigem a estes núcleos e terminam diretamente no

cerebelo, principalmente no lóbulo flóculo-nodular, constituindo a via vestibulo-cerebelar diretamente (CAOVILLA et al, 1997).

As células dos núcleos vestibulares são classificadas em dois grupos: as células do tipo I, que recebem contatos monossimpáticos com fibras aferentes do nervo vestibular, com efeitos sempre excitatórios e as células do tipo II, que são células com conexões polissimpáticas que podem ser excitatórias ou inibitórias – esse efeito inibitório é mediado por células tipo II (ESBÉRARD, 1991).

Covian (1984) nomeia os quatro núcleos vestibulares da seguinte forma: núcleo vestibular principal ou mediano (para o núcleo vestibular medial), núcleo vestibular descendente ou espinhal (para o núcleo inferior), núcleo vestibular superior ou de Bechterew e núcleo vestibular lateral ou de Deiters.

Guyton (1992) afirma que os núcleos vestibulares superior e medial recebem informações provenientes principalmente dos canais semicirculares, enviam grande número de sinais nervosos para o fascículo longitudinal medial, para promover os movimentos de correção dos olhos, como também enviam sinais pelo feixe vestibuloespinhal medial, para promover os movimentos adequados do pescoço e da cabeça. O núcleo vestibular lateral, que recebe sinais provenientes do utrículo e sáculo, transmite sinais de saída para a medula espinhal pelo feixe vestibuloespinhal lateral para controlar o movimento corporal. O núcleo vestibular inferior, que recebe sinais dos canais semicirculares e do utrículo, envia sinais tanto para o cerebelo como para a formação reticular do tronco cerebral.

Caovilla et al (1997) descrevem os núcleos vestibulares, resumidamente da seguinte forma: o *núcleo vestibular superior* recebe fibras das cristas ampulares, do núcleo fastígio e lobo flóculo-nodular do cerebelo, envia fibras ascendentes para os núcleos oculomotores e para outros núcleos do tronco cerebral, via fascículo longitudinal medial. O *núcleo vestibular inferior* recebe fibras das cristas ampulares e das máculas, do núcleo fastígio e vérmis cerebelar, da medula espinhal e das raízes posteriores cervicais, envia fibras para o flóculo e o nódulo cerebelar, constituindo o principal núcleo vestibular quanto à inter-relação com o cerebelo. O *núcleo vestibular lateral* recebe a maioria das fibras nervosas provenientes do utrículo ipsilateral e do cerebelo, é um mediador da influência do cerebelo sobre os reflexos e o tônus muscular. É ativado por impulsos proprioceptores no sistema somato-sensorial (tendões, músculos e articulações) que chegam pelos tratos vestibulo-espinhais.

Carpenter (1978) afirma que o *núcleo vestibular medial* contém células pequenas ou de tamanho médio e que partem fibras que se incorporam ao fascículo longitudinal medial. Caovilla et al (1997) descrevem ainda que, ao atingir o fascículo longitudinal medial, as fibras

vestibulares se bifurcam em vias ascendentes e descendentes, as ascendentes constituem as vias vestibulo-oculomotoras, que geram movimentos compensatórios dos olhos (nistagmo) e as descendentes constituem as vias vestibulo-espinhais, relacionadas com os reflexos posturais.

Machado (2003: p.300) descreve sobre as vias vestibulares conscientes e inconscientes dizendo que os receptores vestibulares são as cristas dos canais semicirculares e as máculas do utrículo e do sáculo, são considerados receptores proprioceptivos, pois assim como os fusos neuromusculares e órgãos tendinosos, informam sobre a posição no espaço da parte do corpo onde estão localizados, no caso, a cabeça. O autor divide os neurônios em dois tipos: os neurônios I, que são as células bipolares localizados no gânglio de Scarpa e que seus prolongamentos periféricos, pequenos, ligam-se aos receptores, e os prolongamentos centrais, muito maiores, constituem a porção vestibular do nervo vestibulococlear, cujas fibras fazem sinapse com os neurônios II. Os neurônios II localizam-se nos núcleos vestibulares, onde a partir destes núcleos, considera dois trajetos:

A) *via consciente*: apesar da controvérsia que existe sobre o trajeto da via, admite-se que quando se refere à localização da área vestibular no córtex. Admite-se que ela está no lobo parietal próximo ao território da área somestésica correspondente à face, admite-se também a existência de uma outra área vestibular no lobo temporal próximo a área auditiva.

B) *via inconsciente*: axônios de neurônios II dos núcleos vestibulares formam os fascículo vestibulocerebelar que ganha o córtex do arquicerebelo, passando pela parte medial do pedúnculo cerebelar inferior, que constitui o chamado corpo justa-restiforme. Fazem exceção apenas algumas fibras que vão diretamente ao cerebelo sem sinapse nos núcleos vestibulares.

Machado (2003: p.172) descreve também sobre as fibras eferentes dos núcleos vestibulares que formam ou entram na composição dos seguintes tractos e fascículos:

O fascículo vestibulo-cerebelar é formado por fibras que terminam no córtex do arquicerebelo. Esses impulsos provenientes do sistema vestibular associam-se aos impulsos proprioceptivos da sensibilidade profunda e estímulos exteroceptivos e interoceptivos do organismo e deste modo, pela via cerebelo-vestíbulo-núcleo vestibular lateral espinhal o cerebelo mantém o tônus muscular adequado para conservar o equilíbrio e os movimentos (TAVARES; FURTADO; SANTOS, 1984).

O fascículo longitudinal medial é constituído em grande parte das fibras dos núcleos vestibulares. Esse fascículo está envolvido em reflexos que permitem ao olho ajustar-se aos movimentos da cabeça, as informações sobre a posição da cabeça chegam ao fascículo

longitudinal medial através de suas conexões com os núcleos vestibulares. Houssay (1984) afirma que as fibras desse fascículo terminam nos núcleos dos nervos oculomotores (III par de nervos cranianos) do mesmo lado e do oposto e isto explicaria a aparição de transtornos oculares (nistagmo) na sintomatologia vestibular.

As fibras do *tracto vestibulo-espinhal* levam impulsos aos neurônios motores da medula e são importantes para a manutenção do equilíbrio. Covian (1984) diz que essa é a via dos impulsos labirínticos que regulam o tônus postural e produzem as reações estatocinéticas labirínticas e Tavares; Furtado; Santos (1984) descrevem que como o núcleo vestibular lateral recebe também fibras do cerebelo, estas estruturas podem regular o tônus muscular do pescoço, tronco e extremidades de ambos os lados.

As fibras *vestibulo-talâmicas* seriam as que levam impulsos ao tálamo, de onde vão ao córtex, sua localização e significado são discutidos. Covian (1984) afirma que as fibras se incorporam ao lemnisco medial, chegam ao tálamo oposto e daí ao córtex temporal contralateral.

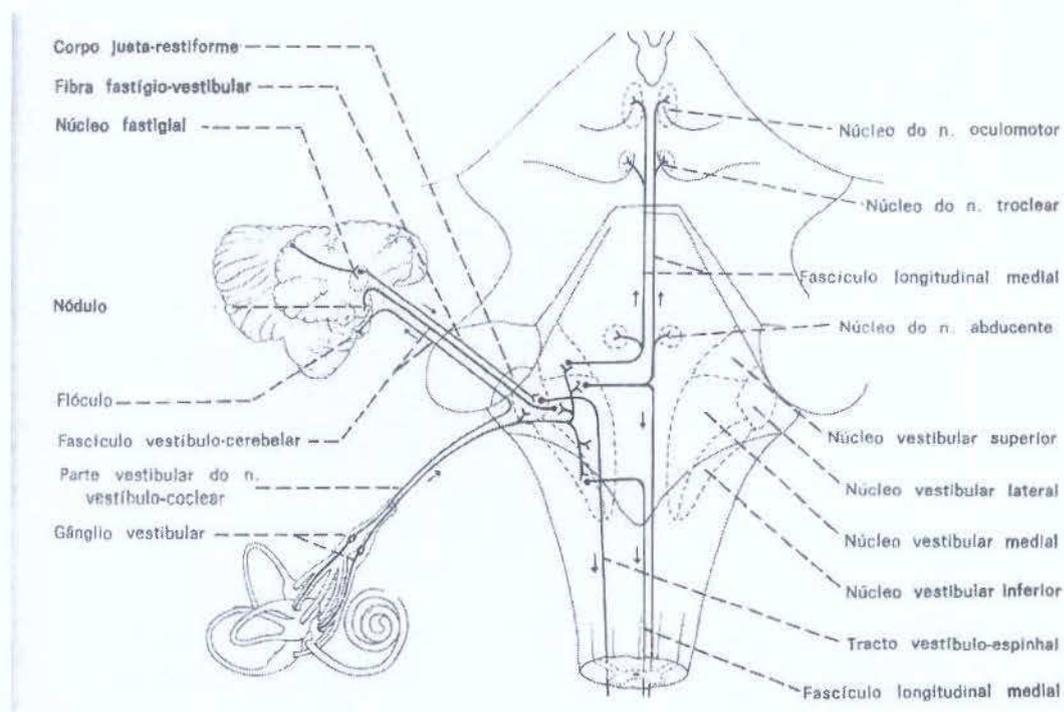


Figura 5: Núcleos e vias vestibulares. **Fonte:** Machado. Neuroanatomia funcional, 2003 p.173

Costa; Cruz; Oliveira (1994) descrevem que as conexões neurovegetativas vestibulares se fazem com o núcleo vegetativo hipotalâmico, a substância reticular bulbar e mesencefálica e com o núcleo de pneumogástrico (vago). Náusea, alterações na pressão sanguínea, sudorese, palidez e vômito são os acompanhantes bem conhecidos de excessiva estimulação vestibular

e, provavelmente, acontecem devido a reflexos mediados através de conexões vestibulares no tronco cerebral. A vertigem é a sensação de se estar girando na ausência de rotação (GANONG, 1998).

A mais importante via consciente parece ser a que envia ao cerebelo, região talâmica e cortical o impulso proveniente de estímulos proprioceptivos vestibulares e de sensibilidade profunda (COSTA; CRUZ; OLIVEIRA, 1994). Esses estímulos de sensibilidade profunda, devido à contração muscular, estiramentos de tendões e posição das articulações informam ao córtex as posições dos segmentos no espaço, sendo que a via vestibular informa a posição da cabeça, estática ou dinâmica no espaço devido a estímulos do sistema vestibular. Todo o conjunto desses estímulos dá sensação de equilíbrio em posição estática ou dinâmica (TAVARES; FURTADO; SANTOS, 1984).

4.1.4. CEREBELO

Filogeneticamente o cerebelo possui três grandes divisões, o cerebelo vestibular, cerebelo espinhal e o cerebelo cerebral. O cerebelo vestibular está relacionado com os núcleos vestibulares tendo uma relação fundamental para o controle dos movimentos e equilíbrio (ESBERARD, 1991). O cerebelo vestibular também é conhecido como vestibulocerebelo, arquicerebelo e correspondem ao lobo flocculonodular e porções do vérmis (DOUGLAS, 2002).

O cerebelo exerce uma influência reguladora sobre a atividade muscular, recebendo impulsos originados em receptores das articulações, tendões, músculos, pele e também de órgãos terminais do sistema visual, auditivo e vestibular, sendo que esses impulsos não são conscientes, mas são estímulos essenciais para o controle do movimento (HENNEMAN, 1982).

A manutenção do equilíbrio e da postura se faz basicamente pelo arquicerebelo e pela zona medial (vérmis), promovendo a contração dos músculos axiais e proximais dos membros mantendo o equilíbrio e a postura normal. Esta influência é transmitida aos neurônios motores pelos tractos vestibulo-espinhal e retículo-espinhal (MACHADO, 2003).

Caovilla et al (1997) descrevem que as fibras vestibulares aferentes vão ao lobo flóculonodular, ao núcleo fastígio e ao vérmis cerebelar. O lobo flóculonodular é uma verdadeira área vestibular no cerebelo, pois a maioria de suas aferências é de origem vestibular. Já as fibras cerebelares eferentes diretas (fascículo fastígio-bulbar direto) e cruzadas (fascículo uncinado cruzado) se dirigem aos núcleos vestibulares.

Esberard (1991) enumera três funções do cerebelo: a do equilíbrio, do tônus postural e do movimento. A função do equilíbrio é desempenhada pelas partes do cerebelo que se diferenciam a partir das estruturas de função vestibular no bulbo: o lóbulo flóculonodular e, secundariamente, as regiões medianas do corpo do cerebelo (vérmis). Esse com suas projeções, é responsável na participação da orientação do corpo no espaço e no seu equilíbrio.

O autor segue afirmando que o tônus postural - importante para um perfeito posicionamento do corpo no espaço - juntamente com a regulação do equilíbrio e o controle dos reflexos posturais, constituem-se em dois componentes, o monossimpático segmentar, representados pelos "reflexos tendinosos" e outro, do qual participa o tronco cerebral, ambos os componentes recebem importantes projeções cerebelares. O movimento também tem íntima relação com o cerebelo já que existe correlação clínica bastante definida entre determinados distúrbios do movimento e lesões de áreas cerebelares específicas.

Vander; Sherman; Luciano (1981) também descrevem sobre a relação das lesões cerebelares e seus distúrbios, citando que as lesões cerebelares proporcionam dificuldades para manter o equilíbrio e os movimentos desordenados podem se tornar tão graves que a pessoa é incapaz de caminhar ou parar em pé sozinha.

O núcleo vestibular na porção dorsal recebe aferência do cerebelo e da medula espinhal, envia projeções ipsilaterais ao corpo anterior da medula espinhal, por intermédio do tracto vestibulo espinhal lateral. Essas projeções apresentam um efeito facilitatório sobre motoneurônios alfa e gama que inervam os músculos dos membros exercendo uma excitação tônica sobre os músculos extensores dos membros inferiores que contribuem para manutenção da postura fundamental (ESBERARD, 1991).

Guyton (1986) descreve a relação entre o sistema vestibular, os núcleos vestibulares e o cerebelo. Afirma que a via primária para os reflexos do equilíbrio começa nos nervos vestibulares, passando próximo aos núcleos vestibulares e ao cerebelo, então após um trajeto, em grande parte por duas vias de impulsos entre essas duas estruturas, os sinais são enviados aos núcleos reticulares do tronco cerebral, assim como inferiormente para a medula espinhal vias feixes vestibuloespinhal e retículoespinhal. Os sinais para a medula controlam as ações entre a excitação e a inibição dos músculos extensores, controlando automaticamente o equilíbrio.

4.1.5. SISTEMA VESTIBULAR E VISÃO

O sistema vestibular é inervado por vias aferentes localizadas no gânglio de Scarpa. Os prolongamentos centrais juntam-se aos axônios que se originam no gânglio espiral da cóclea, constituindo o nervo vestibulo-coclear, VIII par de nervos cranianos. A porção vestibular projeta-se aos núcleos vestibulares, sendo que esses núcleos são compostos pela parte inferior, lateral, superior e medial (ESBERARD, 1991).

Através desta estrutura fisiológica o reflexo vestibulo-ocular é realizado, em que o sistema vestibular mantém os olhos orientados para uma determinada direção, mantendo sua linha de visão firmemente fixa (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002).

A informação visual parece ser a mais importante das informações relacionada ao equilíbrio. Analisando pessoas cujo mecanismo vestibular foi totalmente destruído, foi possível verificar uma pequena inabilidade em suas vidas diárias. Essas pessoas não apresentam sérias dificuldades de equilíbrio, enquanto o sistema visual, receptores das articulações e os cutâneos estão funcionando (VANDER; SHERMAN; LUCIANO, 1981). Douglas (2002) afirma que o córtex visual sensibilizado determina modificações do tônus postural, no qual predominam modificações tônicas da musculatura antigravitatória.

Barela (2000) descreve que enquanto a qualidade da informação visual não é afetada o equilíbrio corporal permanece constante. Quando essa informação é manipulada, com deslocamento do campo visual ou diminuição da acuidade visual ocorre o aumento da oscilação corporal, existindo um prejuízo na manutenção do equilíbrio.

Guyton (1986) descreve sobre a importância da informação visual para a manutenção do equilíbrio, que mesmo após uma destruição completa dos sistemas vestibulares, uma pessoa pode ainda utilizar de maneira efetiva os seus mecanismos visuais para a manutenção do equilíbrio, pois as imagens visuais auxiliam o indivíduo na manutenção do equilíbrio apenas por detecção visual de uma informação (visão) global e que muitas pessoas com destruição completa dos sistemas vestibulares apresentam equilíbrio quase normal quando estão com os olhos abertos ou quando executam movimentos lentos, mas na ausência da informação visual ou na execução de movimentos rápidos, perdem o equilíbrio.

Bear; Connors; Paradiso (2002) ressaltam a importância de que para se obter uma visão precisa é necessário que a imagem permaneça estável nas retinas, apesar do movimento da cabeça, cada olho pode ser movido por um conjunto de seis músculos extra-oculares, o reflexo vestibulo-ocular atua pela detecção das rotações da cabeça e imediatamente comanda um movimento compensatório dos olhos na direção oposta, o movimento ajuda a manter sua

linha de visão firmemente fixa em um alvo visual. Como o reflexo vestibulo-ocular é um reflexo disparado pela aferência vestibular, ele opera surpreendentemente bem, inclusive mesmo no escuro ou quando os olhos estão fechados.

Esse movimento compensatório dos olhos é chamado nistagmo e é constituído por um conjunto de batimentos oculares com uma componente lenta (numa determinada direção) que pode originar-se do labirinto ou dos núcleos vestibulares e outra componente, a componente rápida, que consiste no retorno rápido dos olhos à posição anterior que seria produzida na formação reticular do tronco cerebral (CAOVILLA et al, 1997).

4.1.6. O PAPEL DA PROPRIOCEPÇÃO

Importantes para a manutenção do equilíbrio corporal também são as informações proprioceptivas, que segundo Ganong (1998) a orientação do corpo no espaço depende de impulsos de proprioceptores nas cápsulas das articulações, que enviam dados sobre a posição relativa das várias partes do corpo e impulsos de exteroceptores cutâneos, especialmente os de tato e pressão. Por exemplo, os ajustes de equilíbrio adequado devem ser feitos sempre que o corpo se angula no tórax ou no abdome, ou em qualquer outro local. Todas essas informações são algebricamente somadas no cerebelo e na substância reticular e núcleos vestibulares do tronco cerebral, determinando ajustes adequados nos músculos posturais (GUYTON, 1986).

Guyton (1986) descreve também que as sensações exteroceptivas são importantes na manutenção do equilíbrio, por exemplo, as sensações de pressão das plantas dos pés podem expressar: se o seu peso está distribuído de maneira igual entre os dois pés e se seu peso está mais para frente ou para trás em seus pés. Esse é o estudo que a baropodometria trata, onde Marsico et al (2002) afirmam que a distribuição de carga no pé se reflete na postura e no equilíbrio postural. Com o estudo das oscilações do centro de pressão (que será tratado mais à frente) e os pontos de pressão dos pés exercidos sobre a plataforma de apoio, é possível compreender melhor como é realizado o equilíbrio estático da posição ereta e como as informações, inclusive a proprioceptiva atua na manutenção dessa posição.

Outro exemplo citado por Guyton é na manutenção do equilíbrio quando uma pessoa está correndo. A pressão do ar contra a parte anterior do seu corpo mostra que a força se opõe ao corpo em uma direção diferente da que é causada pela força gravitacional, como resultado, a pessoa inclina-se para frente para se opor a ela.

Bankoff (1992) cita que existe uma relação reflexa de sensibilidade, com a velocidade do olho durante os movimentos de condução das passadas na locomoção humana, estão

diretamente ligadas também com a manutenção da postura corporal, onde informações provenientes de captos sensitivos externos, como os situados no pé são importantes para a manutenção do sistema tônico-postural.

Uma informação proprioceptiva muito importante, necessária à manutenção do equilíbrio, é a proveniente dos receptores articulares do pescoço, pois quando a cabeça é inclinada em determinada direção pela torção do pescoço, fazem com que o sistema vestibular dê ao indivíduo uma sensação de desequilíbrio pela transmissão de sinais exatamente opostos aos sinais transmitidos pelo sistema vestibular, no entanto quando todo o corpo se desvia em uma determinada direção, os impulsos provenientes do sistema vestibular não são opostos aos que se originam nos proprioceptores do pescoço, permitindo que nessa situação a pessoa tenha uma percepção de uma alteração de equilíbrio de todo o corpo (GUYTON, 1992).

4.1.7. VERTIGEM

Alterações do equilíbrio provenientes do sistema vestibular, geralmente são identificados através do sintoma da vertigem ou tontura, que é a sensação de que se vai cair, ou que o ambiente ao redor está girando (DOUGLAS, 2002). Caovilla et al. (1997) definem postura como a sensação de alteração do equilíbrio corporal e vertigem como uma tontura de caráter rotatório, em que o paciente sente os objetos girarem ao seu redor ou se sente rodando no meio ambiente.

Greenberg et al. (1996) diferem a vertigem da tontura não vertiginosa, que inclui as sensações freqüentemente descritas pelos pacientes como tonturas, sensação de desmaio ou aturdimiento não associados com uma ilusão de movimentos, que em contraste com a vertigem, essas sensações são produzidas por condições que prejudicam o suprimento cerebral de sangue, oxigênio ou glicose, como por exemplo: estimulação vagal excessiva, hipotensão ortostática, arritmias cardíacas, isquemia miocárdica, hipóxia ou hipoglicemia.

A vertigem pode ter uma causa periférica ou central, em geral a vertigem periférica é mais acentuada e a central costuma ser menos grave, sendo freqüentemente associada a outros sinais de doença do sistema nervoso central (BALOH, 2001). Segundo Greenberg (1996) a vertigem periférica tem como característica ser intermitente e severa, com movimentos unidirecionais dos olhos e nunca movimentos verticais. Já a vertigem central tem característica de se apresentar constante e com movimentos dos olhos uni ou bidirecional, podendo ser vertical e até mesmo estar ausente.

4.2. ASPECTOS MECÂNICOS

Além dos aspectos neurofisiológicos e motores ligados ao equilíbrio corporal estático podemos apresentar alguns aspectos mecânicos que influem diretamente na manutenção da posição bípede. Como descrito por Fraccaroli (1981) o equilíbrio está condicionado a diversos fatores:

- **Base:** A estabilidade é diretamente proporcional à área da base no qual o corpo repousa.
- **Peso:** A estabilidade é diretamente proporcional ao peso. Então quanto mais pesado o corpo, mais difícil será desequilibrá-lo, isto porque ele trará o seu centro de gravidade mais para baixo.
- **Altura do centro de gravidade:** A estabilidade é indiretamente proporcional à distância do centro de gravidade à base. Assim, quanto mais distante estiver o centro de gravidade da base de apoio, mais fácil será o desequilíbrio do corpo, bastando o uso de uma menor força.
- **Distância da projeção da vertical da gravidade à aresta de desequilíbrio:** A estabilidade é diretamente proporcional a esta distância, isto é, quanto menor ela for, menor estabilidade terá o corpo.
- **Projeção da vertical da gravidade:** Para haver maior estabilidade a projeção deverá cair no centro da base de sustentação.

Importante relação existe entre o centro de gravidade e base de sustentação, Brunstrom (1989) define o centro de gravidade como o único ponto de um corpo ao redor do qual todas as partículas de sua massa estão igualmente distribuídas, onde cada corpo comporta-se como se toda a sua massa estivesse agindo ou sofrendo a ação de alguma força neste centro de gravidade. Esse autor afirma que para um corpo obter certa estabilidade, o centro de gravidade de um corpo deve projetar-se dentro da base de suporte, sendo assim a estabilidade seria beneficiada por uma ampla base de sustentação.

Shouchard (1988) descreve que a linha de gravidade deve cair no centro do polígono de sustentação (que seria os pés), por isso que para a manutenção da posição ortostática se dá com os pés afastados e a posição com os pés juntos é raramente adotada para um indivíduo

ficar de pé, pois diminui sua base de sustentação e o indivíduo se sustenta em pé quando as oscilações de sua linha de gravidade ocorrem dentro do polígono de sustentação.

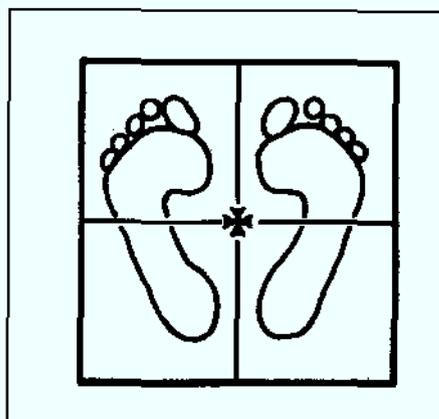


Figura 6: Base de sustentação de apoio bipodálico. **Fonte:** SOUCHARD, P.E. Ginástica Postural Global, 1988.

Fica claro que a sustentação estável da posição bípede (bipodálica) é muito mais fácil de se realizar do que apenas no apoio de um dos pés (monopodálica). Em relação ao apoio com apenas um dos pés Brunstorm (1989) descreve que sobre esta base de suporte pequena torna-se uma tarefa muito difícil devido ao aumento da demanda sobre o sistema neuromuscular, como se pode perceber pelo aumento das contrações musculares de toda a musculatura que envolve as articulações do tornozelo e do joelho, pois a zona de segurança para o balanço lateral está restrita.

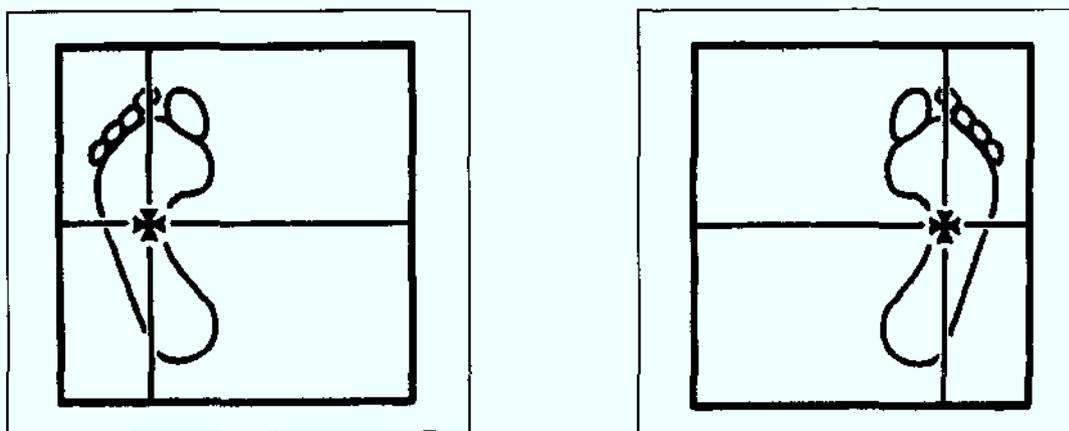


Figura 7: Base de sustentação de apoio monopodálico (Esquerdo e Direito). **Fonte:** SOUCHARD, P.E. Ginástica Postural Global, 1988.

No presente trabalho, os resultados das avaliações estudados na estabilometria são valores numéricos das oscilações do centro de pressão. Duarte (2000) afirma que há uma certa confusão a respeito do centro de gravidade e o centro de pressão. Descreve que o centro de

gravidade é o centro das forças gravitacionais agindo sobre todos os segmentos do corpo humano, se move como se a força gravitacional sobre todo o corpo agisse apenas nesse ponto e é um conceito análogo ao centro de massa e o conceito de centro de pressão é o ponto de aplicação da resultante das forças verticais atuando na superfície de suporte, e representa um resultado coletivo do sistema de controle postural e força de gravidade. O centro de pressão também é uma medida de deslocamento e é dependente do centro de gravidade, ele expressa a localização do vetor resultante da força de reação do solo em uma plataforma. Gurfinkel apud Duarte (2000) afirma que estas duas grandezas expressam conceitos diferentes mas em situações específicas, como na postura ereta estática, podem apresentar significados semelhantes.

Os valores numéricos estudados na estabilometria são referentes ao deslocamento do centro de pressão. Duarte (2000) define estabilometria é medida com o registro da contínua oscilação do corpo humano e a trajetória do centro de pressão tem sido utilizada na análise da postura e equilíbrio humano. O autor cita também que a trajetória do centro de pressão tem sido utilizada na análise da postura e do equilíbrio humano e para extrair o máximo de informações do sinal da estabilometria.

A oscilação do centro de gravidade do corpo é a grandeza que realmente indica o deslocamento do corpo e a grandeza centro de pressão seria uma resposta neuromuscular ao deslocamento do centro de gravidade. Para regular a posição do centro de gravidade do corpo durante a postura ereta, um fenômeno conhecido é do sistema de controle postural usar a variável do centro de pressão através dos sensores externos e barorreceptores situados nos pés para controlar o deslocamento do centro de gravidade, já que não há sensores específicos para detectar esse o deslocamento do centro de gravidade.

O equilíbrio postural é o estado em que todas as forças que atuam sobre o corpo estão equilibradas de modo a manter o corpo na posição e orientação desejadas e a estabilidade é a capacidade do corpo em retornar à posição original após ter sido deslocado. Durante as oscilações do centro de gravidade dentro dos limites da base de suporte existem a estratégia do tornozelo e a estratégia do quadril, conforme afirmam Prado; Okai; Mezzarane (2002).

A estratégia do tornozelo controla o movimento do centro de massa ao gerar um movimento na articulação do tornozelo. Essa estratégia é caracterizada pela ativação seqüencial dos músculos do tornozelo, joelho e quadril, fazendo com que o corpo gire sobre a articulação do tornozelo com um movimento relativamente pequeno no quadril e joelho (portanto, uma seqüência de ativação muscular distal-proximal). Essa estratégia é mais

adequada quando as perturbações são pequenas e lentas sobre superfícies planas, firmes e regulares, mais utilizada por adultos jovens (GODOI; BARELA, 2002).

A estratégia do quadril controla o movimento do centro de massa ao gerar um movimento amplo e rápido na articulação do quadril, essa estratégia é caracterizada pela ativação dos músculos anteriores do tronco e perna, associados com um aumento relativo da força de reação do solo na superfície de suporte e uma pequena ativação dos músculos do tornozelo (portanto, uma seqüência de ativação muscular próximo-distal). Tem sido demonstrado que a estratégia de quadril é utilizada para restabelecer o equilíbrio em resposta quando a perturbação é grande e rápida ou quando a superfície de contato dos pés é reduzida, geralmente essa estratégia é mais utilizada por idosos (GODOI; BARELA, 2002).

Existe também uma estratégia utilizada quando a projeção da linha do centro de gravidade ultrapassa os limites da base de suporte, que é a estratégia da passada. Na sua execução é realizada uma passada para alinhar a projeção do centro de gravidade para dentro dos limites da base de suporte.

As três estratégias estão ilustradas na figura 8:

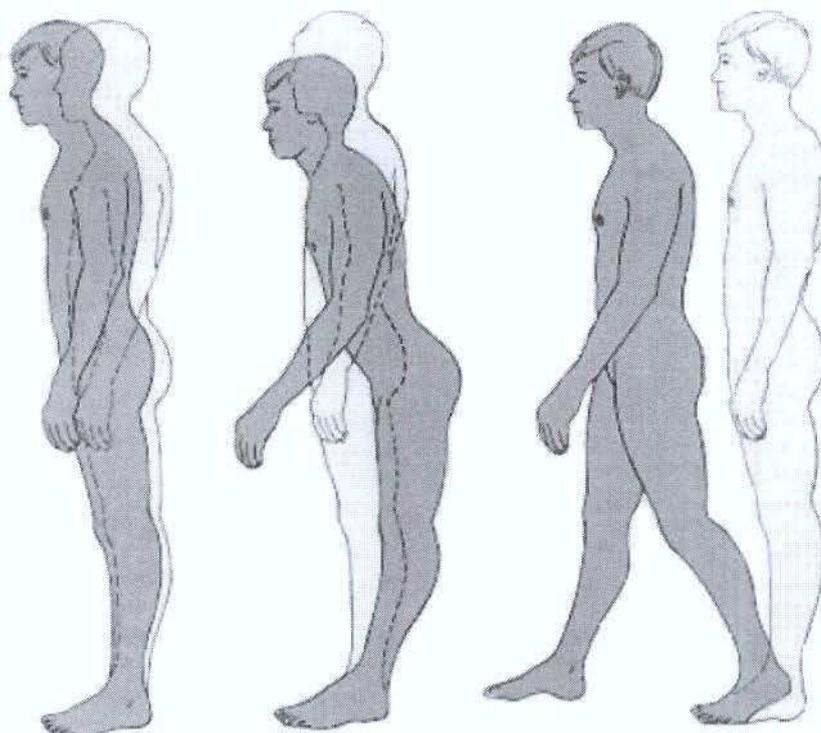


Figura 8: As três estratégias utilizadas por adultos no controle da posição ortostática, da esquerda para a direita: estratégia do tornozelo, estratégia do quadril e estratégia da passada. **Fonte:** DUARTE, M. Análise estabilográfica da postura ereta humana quase-estática, 2000 p. 13.

Quanto aos mecanismos de ajustes posturais para a manutenção da posição bípede estável, existe o mecanismo de Feedback e o mecanismo Feedforward.

O mecanismo de Feedback acontece quando há decorrência de perturbações resultantes de forças externas e inesperadas. É um mecanismo que tem uma resposta extremamente rápida (o tempo entre a perturbação e a resposta motora varia entre 70 e 180 milésimos de segundo) e apresenta uma organização espaço-temporal relativamente estereotipada. Apesar desse mecanismo ser semelhante a um reflexo, não pode ser classificado como tal, uma vez que, ao contrário dos reflexos, o mecanismo de feedback é balanceado apropriadamente a fim de alcançar a estabilidade postural, além de ser refinado continuamente com a prática, como o movimento voluntário. O mecanismo de feedback também é denominado de resposta compensatória, reação postural automática, reação compensatória ou ajuste postural automático. Os sensores desse mecanismo incluem proprioceptores musculares (órgão tendinoso de golgi e fusos musculares) e articulares e mecanorreceptores cutâneos (Duarte, 2000).

O mecanismo de Feedforward é desencadeado quando a perturbação é gerada por forças internas, ou seja, quando a perturbação é provocada pelos próprios movimentos do indivíduo. Ele é assim chamado, pois o seu início ocorre antes da perturbação postural e resulta em ajustes que precedem e acompanham o movimento principal a fim de contrapor-se aos efeitos mecânicos esperados da perturbação, mantendo, dessa forma, a estabilidade. O mecanismo de feedforward também é denominado de ajustes posturais antecipatórios. Barela (2000) descreve esse mecanismo como a estratégia que utiliza a informação sensorial para obter informações entre o indivíduo e o ambiente, sendo utilizada para antecipar a ocorrência da ação motora específica com o objetivo de reduzir a oscilação corporal.

Prado; Okai; Mezzarane (2002) afirmam que muito tempo se passou desde que Romberg criou seu teste estático para medir a habilidade de manter a postura ereta. Somente nas últimas décadas a quantificação mais precisa e adequada das oscilações corporais tem sido implementadas.

O teste de Romberg verifica a coordenação na manutenção da postura estática. Nesse teste, o indivíduo é solicitado a ficar em pé e realizar algumas atividades primeiramente com os olhos abertos e depois com os olhos fechados. Um aspecto importante que deve ser levado em consideração é a sensação do paciente que durante o teste é questionado sobre a sua estabilidade e sensação com perguntas como: você se sente firme, estável?

O Teste de Romberg tem algumas etapas para análise da manutenção e do equilíbrio corporal, sob algumas posições que se apresentam a seguir:

TESTE DE ROMBERG

1. Pés afastados confortavelmente:

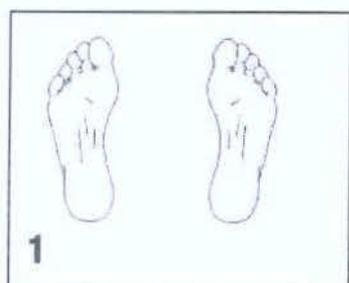


Figura 9: Primeira situação do teste de Romberg. **Fonte:** PRADO, J.M.; OKAI, L.A.; MEZZARANE, R.A. Testes para postura e equilíbrio, 2002.

2. Pés unidos:

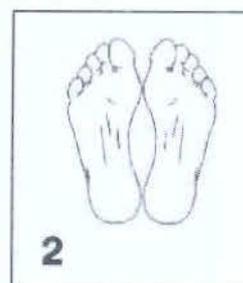


Figura 10: Segunda situação do teste de Romberg. **Fonte:** PRADO, J.M.; OKAI, L.A.; MEZZARANE, R.A. Testes para postura e equilíbrio, 2002.

3. Em posição pés semi calcanhar-dedo:

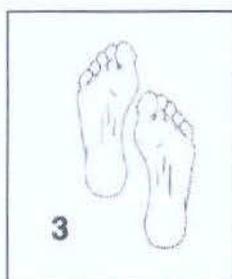


Figura 11: Terceira situação do teste de Romberg. **Fonte:** PRADO, J.M.; OKAI, L.A.; MEZZARANE, R.A. Testes para postura e equilíbrio, 2002.

4. Pés em posição calcanhar-dedo



Figura 12: Quarta situação do teste de Romberg. **Fonte:** PRADO, J.M.; OKAI, L.A.; MEZZARANE, R.A. Testes para postura e equilíbrio, 2002.

Considera-se normal o indivíduo que apresentar pequenas oscilações sem queda (chamado de Romberg ausente), se apresentar queda ou sua possibilidade com desequilíbrio severo, indicam o Romberg presente. No presente estudo, para a aferição das oscilações e análise estabilométrica foi utilizado o baropodômetro eletrônico.

4.3. O BAROPODÔMETRO ELETRÔNICO

A Baropodometria consiste na pesquisa de medidas computadorizadas de sistemas de pressão, para o estudo estático e dinâmico das cargas exercidas sobre a superfície plantar. Essa metodologia tem sido muito utilizada para fins clínicos, acredita-se que esse método de diagnóstico tem a finalidade de complementar as observações clínicas e proporcionar ao paciente uma análise mais precisa e detalhada.

O baropodômetro eletrônico é um equipamento modular desenvolvido para o estudo das pressões plantares estáticas e dinâmicas, que consiste em uma plataforma com sensores barossensíveis (sensíveis à pressão), tendo a plataforma aproximadamente três metros, conectada a um computador que reproduz imagens a cores e dados estatísticos com precisão.



Figura 13: Baropodômetro Eletrônico. **Fonte:** DIAGNOSTIC SUPPORT.

É um sistema que permite acompanhar as cargas dos pés em diferentes modalidades, proporcionando uma análise biomecânica e estrutural das possíveis anormalidades na marcha e na postura. As possibilidades de análise obtidas pelo sistema oferecem informações que complementam as observações realizadas por especialistas ou avaliadores nos pacientes para acompanhamento periódico, na busca de diagnóstico, em situações pré-pós-cirúrgica, terapias e reabilitação.

O equipamento permite a aferição de um ciclo completo da caminhada, por apresentar uma configuração modular, permitindo a junção de vários módulos, com plataformas de pressão de 40 x 40 cm.



Figura 14: Junção dos módulos (placas). **Fonte:** DIAGNOSTIC SUPPORT.

Os sensores: A plataforma de pressão consiste em sensores eletrônicos de platina que captam informações sobre a pressão do pé durante a marcha natural e está composta por 4.800 sensores ativos em 120 cm de comprimento e 40 cm de largura, configurado como uma placa central.

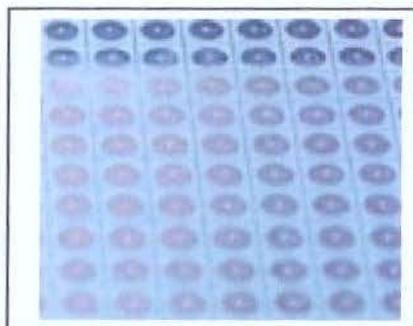


Figura 15: Sensores eletrônicos. **Fonte:** DIAGNOSTIC SUPPORT.

Existe uma cobertura específica altamente sensível para uma análise detalhada das pressões exercida pelos pés. É um sistema que estuda as pressões com aplicações específicas nas análises da pressão exercida pelos pés, onde a informação adquirida pode ser realizada com ou sem sapatos, sendo a informação precisa, instantânea e reproduzível.

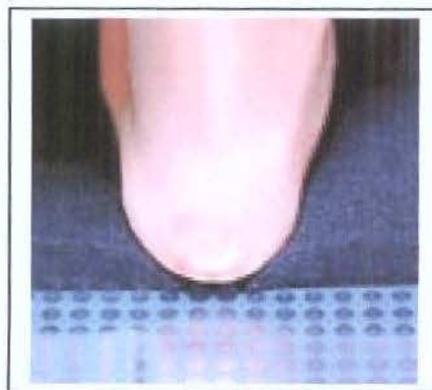


Figura 16: Cobertura sensível. **Fonte:** DIAGNOSTIC SUPPORT.

O sistema Eletrônico Flexível consiste em pares de palmilhas para calçado com mais de 500 sensores para calçados numerados de 22 até 42. É um sistema para análise de pressões plantares para utilizar dentro do calçado e a informação é transmitida para um dispositivo de memória em tempo real. É utilizado em análises de atletas, pacientes com diabetes, distúrbios neurológicos e/ou deformidades severas.

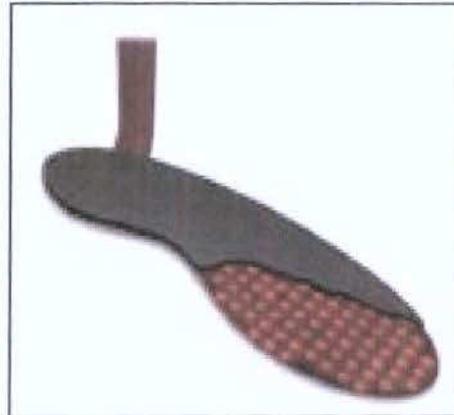


Figura 17: Palmilha com sensores. **Fonte:** DIAGNOSTIC SUPPORT.

ANÁLISE ESTÁTICA

A imagem estática é proveniente de 200 amostras em 5 segundos, mostrando áreas de diferentes tamanhos e cores, sendo que cada uma representa porcentagens referentes ao valor da máxima pressão de cada sensor (M). Para cada pé, há a possibilidade de aferir a superfície e a carga total do antepé e retropé. Os valores do centro de pressão de cada pé estão indicados com “D” para o pé direito e com “E” para o pé esquerdo. O centro de pressão “C” corresponde à projeção de apoio do centro de gravidade do corpo, o centro de pressão.

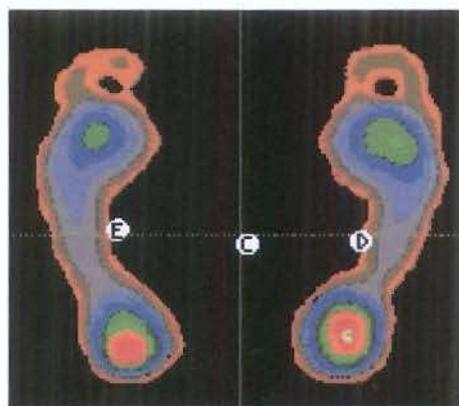


Figura 18: Análise estática. **Fonte:** DIAGNOSTIC SUPPORT.

ANÁLISE ESTABILOMÉTRICA

A análise da postura estuda com detalhes o comportamento ortostático de apoio bipodálico e monopodálico. Calcula-se a oscilação do centro de pressão de cada perna (perna direita indicado pela letra D e perna esquerda pela letra E) e do centro de pressão do corpo (C) para mostrar as oscilações do paciente como resposta às forças gravitacionais. Outro valor calculado é o ponto máximo de pressão do apoio marcado pela letra M.

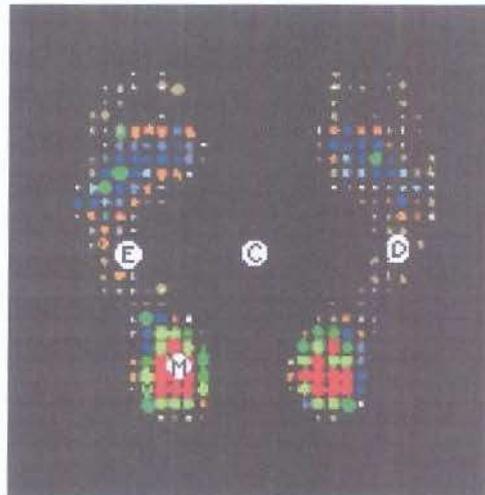


Figura 19: Análise estabílo métrica. **Fonte:** DIAGNOSTIC SUPPORT.

Nessa análise, cada ponto de pressão coletado possui sua respectiva cor, que corresponde à porcentagem do ponto máximo de pressão, conforme tabela a seguir:

Cor do ponto	Percentual do ponto máximo de pressão
Vermelho	100 – 91 %
Laranja	90 – 81 %
Verde Claro	80 – 71 %
Verde Escuro	70 – 61 %
Azul Escuro	60 – 51 %
Azul Claro	50 – 41 %
Azul	40 – 31 %
Bege	30 – 21 %
Marrom Claro	20 – 11 %
Marrom Escuro	10 – 0 %

Tabela 1: Cores e valores dos pontos de pressão da análise estabilométrica. **Fonte:** ARCURI, P. La valutazione baropodometrica statico-dinamica nel portatore di protesi transtibiale. 2003.

A informação coletada dos movimentos é calculada e expressa em diversas maneiras, tanto em forma numérica como gráfica. O círculo abaixo representa o cálculo da área (cm^2) em que o avaliado oscilou dentro de uma unidade de tempo. O círculo vermelho representa a oscilação com os olhos abertos (menor oscilação) e o círculo verde representa a oscilação com os olhos fechados (maior oscilação). O tamanho dos círculos corresponde à oscilação do avaliado. O menor círculo relaciona-se a uma menor oscilação, o maior círculo representa uma maior oscilação corporal. Os pontos verdes marcam o início da avaliação e os pontos vermelhos o final da avaliação.



Figura 20: Análise da oscilação. **Fonte:** DIAGNOSTIC SUPPORT.

A figura abaixo, na representação gráfica da esquerda representa a oscilação lateral (em cm), sendo que a linha verde representa a oscilação com os olhos fechados e a linha vermelha a oscilação com os olhos abertos. A representação gráfica da direita representa a oscilação ântero-posterior (em cm), com a linha verde representando a oscilação com os olhos fechados e a linha vermelha com os olhos abertos. Nota-se que em todas as representações a oscilação com os olhos fechados é bem maior do que com os olhos abertos, sendo a informação visual muito importante na manutenção do equilíbrio.

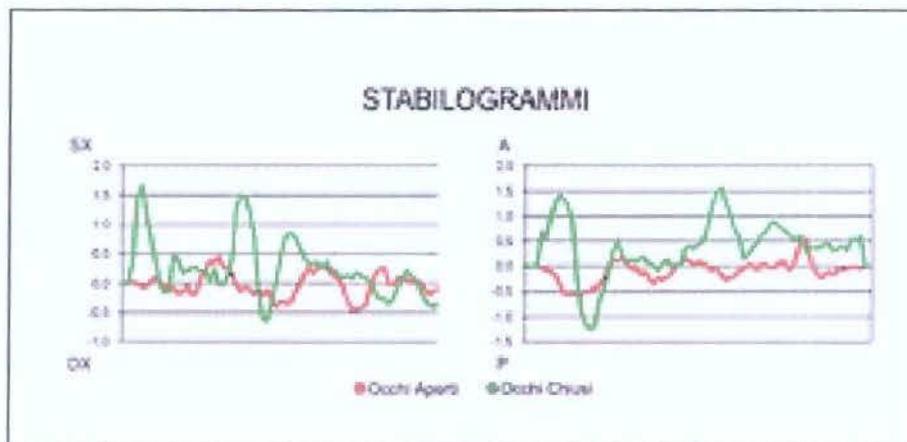


Figura 21: Análise gráfica das oscilações. **Fonte:** DIAGNOSTIC SUPPORT.

5. METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi à coleta de dados através de um baropodômetro eletrônico. O experimento foi realizado no Laboratório de Eletromiografia e Biomecânica da Postura da Faculdade de Educação Física, na Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

5.1 – SUJEITOS

O estudo conta com 30 sujeitos, sendo 18 do sexo masculino e 12 do sexo feminino, com idade média de $40,47 \pm 10,66$ anos, com estatura corporal média de $1,66 \pm 0,11$, massa corporal média $71,89 \pm 11,94$ e IMC médio de $26,09 \pm 4,08$. O sujeitos participaram da pesquisa voluntariamente, antes da execução do teste estabilométrico, preencheram um cadastro onde especificaram sua idade, estatura, peso e tamanho de calçado.

5.2 – INSTRUMENTO UTILIZADO

Para a realização dos testes, utilizou-se um Baropodômetro Eletrônico composto por uma plataforma modular da Physical Support Italy. Este aparelho é constituído por sensores eletrônicos de platina revestidos por um captador em cacho alveolar que reconhece as informações do apoio plantar conservando a mobilidade natural. As aquisições das imagens são precisas, instantâneas, reproduzíveis e não invasivas. O Baropodômetro Eletrônico Modular documenta as análises com imagens de pontos de pressão plantar, oscilações ântero-posteriores e oscilações laterais, ambas em cm, e oscilações do centro de pressão medidos em superfície por cm^2 .

5.3 – AQUISIÇÃO DE DADOS

A análise da oscilação do centro de pressão foi realizada de duas formas: bipodálica e monopodálica, ambas estáticas. A avaliação estabilométrica bipodálica foi feita com os sujeitos sobre a plataforma com os braços no prolongamento do corpo apoiados com os dois pés. Os sujeitos foram instruídos a ficarem em pé com os pés separados por uma largura confortável (aproximadamente a largura dos ombros) com os braços relaxados ao longo do corpo. A análise monopodálica foi executada com os sujeitos apoiados sobre o pé esquerdo,

tendo o pé direito elevado com o joelho direito fletido e posteriormente, o inverso. Para cada uma das situações mencionadas, os sujeitos apresentaram-se descalços e executaram o teste inicialmente com os olhos abertos e posteriormente com os olhos fechados. Em todos os casos o aparelho foi calibrado com o tempo de 05 segundos para a execução dos procedimentos.

5.4 – TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para a análise estatística dos resultados foi utilizado o software Statistica versão 5.0. Para as funções de correlação foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson e para a verificação de diferenças significativas foi utilizado o Teste t, de Student, com nível de significância de $p < 0,05$.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho, apresentam-se os dados referentes ao deslocamento do centro de pressão, tanto para a avaliação bipodálica quanto na avaliação monopodálica, apresentando as oscilações do eixo x (oscilação lateral), do eixo y (oscilação antero-posterior), ambos expressos em cm, assim como as oscilações do centro de pressão em cm² de superfície.

A tabela 2 representa as características antropométricas e idade do grupo avaliado:

	Masculino (n = 18)	Feminino (n = 12)	Grupo (n = 30)
Idade (anos)	38,7 ± 8,45 (21 – 55)	43,08 ± 13,30 (18 – 56)	40,47 ± 10,66 (18 – 56)
Estatura (metros)	1,73 ± 0,06 (1,65 – 1,86)	1,55 ± 0,07 (1,44 – 1,68)	1,66 ± 0,11 ** (1,44 – 1,86)
Massa Corporal (Kg)	76,41 ± 10,70 (51,9 – 94)	65,1 ± 10,74 (44 – 83,9)	71,89 ± 11,94 ** (44 – 94)
IMC	25,42 ± 3,49 (18,50 – 31,41)	27,09 ± 4,82 (21,21 – 39,36)	26,09 ± 4,08 (18,50 – 39,36)

** Diferença significativa entre os grupos masculino e feminino, para $p < 0,05$.

Tabela 2: Dados médios, desvio padrão (mínimo – máximo valor) de idade, estatura, massa corporal e IMC dos indivíduos.

O grupo masculino diferiu significativamente do grupo feminino nas variáveis antropométricas de estatura e massa corporal, porém quando confrontados os resultados das oscilações corporais entre os grupos masculinos e femininos em nenhuma das situações houve diferença estatisticamente significativa. O mesmo foi encontrado por Hageman et al apud Oliveira; Imbiriba; Garcia (2000), sendo assim os resultados serão apresentados considerando-se todo o grupo, uma vez que as variáveis estatura e massa corporal não obtiveram correlação com as oscilações corporais, como será apresentado neste trabalho.

Considerando-se todo o grupo nas oscilações apresenta-se a seguinte tabela descritiva dos resultados das oscilações corporais:

Oscilação	Média	Mínimo	Máximo	Desv. Pad.
Bipodálica olhos abertos eixo x	0,281	0,00	1,31	0,266
Bipodálica olhos abertos eixo y	0,520	0,00	3,68	0,752
Bipodálica olhos abertos (superfície)	0,261	0,00	4,26	0,789
Bipodálica olhos fechados eixo x	0,388	0,05	0,79	0,193
Bipodálica olhos fechados eixo y	0,485	0,05	1,25	0,336
Bipodálica olhos fechados (superfície)	0,121	0,01	0,49	0,133
Monopodálica pé direito olhos abertos eixo x	1,297	0,15	5,00	0,905
Monopodálica pé direito olhos abertos eixo y	1,051	0,36	4,28	0,730
Monopodálica pé direito olhos abertos (superfície)	0,836	0,04	7,86	1,437
Monopodálica pé direito olhos fechados eixo x	3,607	1,32	10,97	2,233
Monopodálica pé direito olhos fechados eixo y	3,650	1,17	9,08	2,151
Monopodálica pé direito olhos fechados (superfície)	8,647	0,55	37,77	8,659
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos eixo x	1,619	0,53	5,35	1,217
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos eixo y	1,403	0,46	5,43	0,956
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos (superfície)	1,372	0,09	9,26	2,162
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados eixo x	3,308	1,20	10,69	1,985
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados eixo y	3,306	1,25	5,42	1,250
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados (superfície)	5,994	0,63	35,85	6,543

Tabela 3: Estatística descritiva das oscilações com: média, mínimo valor, máximo valor e desvio padrão.

Relacionando-se a estatura com as oscilações, foi realizada uma análise comparativa utilizando o coeficiente de Correlação de Pearson para verificar a influência da estatura corporal nas oscilações durante as avaliações realizadas, na verificação da possibilidade da existência da relação de uma maior altura do centro de gravidade corporal com a maior oscilação do centro de pressão, devido à projeção do centro de gravidade no centro de pressão, como descrito por Fraccarolli (1981). Nessa análise não foi observada nenhuma relação entre a estatura e as oscilações corpóreas em todas as suas manifestações aferidas na avaliação, como mostra a tabela 4:

Oscilação	Correlação	Valor de p
Bipodálica olhos abertos eixo x	-0,3258	0,079
Bipodálica olhos abertos eixo y	-0,2356	0,210
Bipodálica olhos abertos (superfície)	-0,2064	0,274
Bipodálica olhos fechados eixo x	-0,2245	0,233
Bipodálica olhos fechados eixo y	-0,2907	0,119
Bipodálica olhos fechados (superfície)	-0,3248	0,080
Monopodálica pé direito olhos abertos eixo x	-0,1161	0,541
Monopodálica pé direito olhos abertos eixo y	0,0619	0,745
Monopodálica pé direito olhos abertos (superfície)	0,0307	0,872
Monopodálica pé direito olhos fechados eixo x	-0,2495	0,184
Monopodálica pé direito olhos fechados eixo y	-0,2219	0,238
Monopodálica pé direito olhos fechados (superfície)	-0,2474	0,188
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos eixo x	-0,0150	0,937
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos eixo y	0,1140	0,549
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos (superfície)	0,0702	0,712
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados eixo x	0,0527	0,782
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados eixo y	-0,0943	0,620
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados (superfície)	-0,0451	0,813

Tabela 4: Oscilações correlacionadas com a estatura corporal, para $p < 0,05$.

Souchard (1988) afirma que quanto mais baixo for o centro de gravidade, maior será a estabilidade de um corpo e que quanto mais baixo o peso do corpo se mantiver, mais estável e que pessoas mais baixas e pesadas se desequilibram com menos facilidade. Hall (1993) também descreve que a altura do centro de gravidade em relação à base de suporte altera a estabilidade, assim como afirma Hayes apud Enoka (2000). Porém todas as oscilações demonstraram um baixo valor na relação com a estatura, sendo todos os valores de correlação fracos ou baixos, apresentando assim em nenhuma das combinações a influência da estatura corporal nas oscilações. Esse fato acontece devido o aumento proporcional do tamanho dos pés e do calçado em relação à altura de cada um dos sujeitos, já que a base de apoio é aproximadamente um retângulo formado por linhas retas através dos dedos e calcanhares e ao longo da largura lateral de cada pé (GARHAMMER, 1991). Latash (1998) descreve o corpo

humano como um pêndulo invertido, onde o tornozelo seria o eixo de rotação para todo o corpo ereto, que segundo esse princípio, quanto mais alto o indivíduo mais o centro de gravidade oscila numa determinada perturbação, com isso valores mais altos nos indivíduos com maior estatura seriam registrados nas avaliações, porém mesmo que os pés representem uma pequena superfície de suporte, ainda exerce seu efeito e aumenta gradativamente juntamente com a estatura corporal, anulando o efeito mecânico simplificado do corpo humano. Bessineton (1975) apud Oliveira; Imbiriba; Garcia (2000) que há mais de duas décadas, questionava a influência da estatura nas medidas estabilométricas e em seu estudo concluiu que não houve correlação da estatura corporal nas oscilações.

Brunnstrom (1989) descreve alguns fatores que interferem na estabilidade de um corpo, além da altura do centro de gravidade é o peso do corpo. Fraccaroli (1981) também se refere ao peso do corpo, descrevendo que quanto mais pesado o corpo, mais difícil é desequilibrá-lo, porque traz seu centro de gravidade mais para baixo.

Para investigar a influência da massa corporal sobre as oscilações nesse estudo, obedecendo ao mesmo princípio de estudo de correlação anterior, a correlação de Pearson entre todas as oscilações com a massa corporal apresenta a seguinte tabela:

Oscilação	Correlação	Valor de p
Bipodálica olhos abertos eixo x	0,0409	0,830
Bipodálica olhos abertos eixo y	0,0896	0,638
Bipodálica olhos abertos (superfície)	0,0605	0,751
Bipodálica olhos fechados eixo x	0,2301	0,221
Bipodálica olhos fechados eixo y	0,1888	0,318
Bipodálica olhos fechados (superfície)	0,2176	0,248
Monopodálica pé direito olhos abertos eixo x	-0,1449	0,445
Monopodálica pé direito olhos abertos eixo y	-0,1099	0,563
Monopodálica pé direito olhos abertos (superfície)	-0,1403	0,460
Monopodálica pé direito olhos fechados eixo x	0,0526	0,782
Monopodálica pé direito olhos fechados eixo y	-0,1364	0,472
Monopodálica pé direito olhos fechados (superfície)	-0,0168	0,930
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos eixo x	0,0100	0,958
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos eixo y	0,1387	0,465
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos (superfície)	0,0650	0,733
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados eixo x	0,2100	0,265
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados eixo y	0,0874	0,646
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados (superfície)	0,1419	0,455

Tabela 5: Oscilações correlacionadas com a massa corporal, para $p < 0,05$.

Não houve correlação entre a massa corporal e as oscilações. Mesmo um maior valor de massa corporal significando uma maior possibilidade do corpo manter a estabilidade, nesse estudo em nenhum dos casos foi encontrada alguma relação. Nas variáveis antropométricas observa-se então pouca relação com o equilíbrio, mas quando correlacionado com o IMC, que contém dados referentes à estatura e a massa corporal, observa-se uma situação em que o equilíbrio relaciona-se com algumas das variáveis, conforme tabela 6:

Oscilação	Correlação	Valor de p
Bipodálica olhos abertos eixo x	0,3432	0,063
Bipodálica olhos abertos eixo y	0,3124	0,093
Bipodálica olhos abertos (superfície)	0,2559	0,172
Bipodálica olhos fechados eixo x	0,4594	0,011**
Bipodálica olhos fechados eixo y	0,4969	0,005**
Bipodálica olhos fechados (superfície)	0,5716	0,001**
Monopodálica pé direito olhos abertos eixo x	-0,0679	0,722
Monopodálica pé direito olhos abertos eixo y	-0,1846	0,329
Monopodálica pé direito olhos abertos (superfície)	-0,1801	0,341
Monopodálica pé direito olhos fechados eixo x	0,2685	0,151
Monopodálica pé direito olhos fechados eixo y	-0,0132	0,945
Monopodálica pé direito olhos fechados (superfície)	0,1708	0,367
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos eixo x	0,0055	0,977
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos eixo y	0,0298	0,876
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos (superfície)	-0,0010	0,996
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados eixo x	0,2054	0,276
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados eixo y	0,1647	0,385
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados (superfície)	0,1950	0,302

** Correlação existente.

Tabela 6: Oscilações correlacionadas com o IMC, para $p < 0,05$.

Na tabela acima, observa-se a relação existente entre IMC e as oscilações na posição bipodálica olhos fechados, eixo x, eixo y e superfície de oscilação. Nota-se então, que na posição bipodálica com os olhos fechados não foi observada nenhuma relação com o peso corporal nem com a estatura, porém quando relacionada com o IMC, é possível observar a relação, mas em nenhuma das outras oscilações foi possível observar alguma correlação e mesmo nas oscilações bipodálicas com os olhos abertos, observa-se uma relação com valores muito baixos, tornando-se pouco expressivos como afirma Mathews (1980) que considera correlações abaixo de 0,6 como fracas.

Horak et al apud Enoka (2000), afirmam que provavelmente, um dos mecanismos atribuídos ao aumento da incidência de queda entre os idosos é um declínio na capacidade de detectar e controlar a oscilação para frente e para trás no corpo.

Os autores também descrevem que com o avanço da idade há uma diminuição da habilidade de um indivíduo para selecionar uma informação sensorial apropriada que pode ser causado por diversos fatores, incluindo a seleção anormal de informações sensoriais, detecção precária de desequilíbrio, seleção anormal de respostas de ajuste postural, latências prolongadas para respostas rápidas, percepção reduzida dos limites de estabilidade, fraqueza dos músculos envolvidos e habilidade prejudicada para coordenar atividades entre músculos sinergistas.

Duarte (2000) afirma que cerca de metade das quedas em idosos ocorrem durante o andar, tarefa em que a manutenção do equilíbrio dinâmico é crítica e que as quedas refletem a incapacidade do sistema de controle postural recuperar-se de uma perturbação, isto é, manter a projeção do centro de gravidade dentro dos limites da superfície de apoio.

Godoi e Barela (2002) citam que os idosos sofrem diversas alterações com o avanço da idade que podem ser fisiológicas, anatômicas, psicológicas e comportamentais, dentro dessas podem ser citadas a menor densidade óssea, a perda da flexibilidade, a redução de força e alcance do movimento, uma maior lentidão para planejar e executar movimentos coordenados e, durante a manutenção da postura em pé, uma maior extensão, amplitude e frequência de oscilação corporal.

Esses autores seguem afirmando que em virtude dessas alterações os idosos apresentam um controle postural alterado em relação aos adultos jovens, podendo ter como consequência mais comum o elevado número de quedas em idosos.

Com base nessas informações, mesmo não sendo o foco desse estudo foi realizada a correlação de Pearson também na variável idade, buscando investigar alguma relação com as oscilações nesse estudo, onde foram encontrados os valores apresentados na seguinte tabela:

Oscilação	Correlação	Valor de p
Bipodálica olhos abertos eixo x	0,1569	0,408
Bipodálica olhos abertos eixo y	0,2311	0,219
Bipodálica olhos abertos (superfície)	0,1762	0,352
Bipodálica olhos fechados eixo x	-0,2079	0,270
Bipodálica olhos fechados eixo y	-0,0313	0,870
Bipodálica olhos fechados (superfície)	0,0320	0,867
Monopodálica pé direito olhos abertos eixo x	0,3413	0,065
Monopodálica pé direito olhos abertos eixo y	0,1401	0,460
Monopodálica pé direito olhos abertos (superfície)	0,2059	0,275
Monopodálica pé direito olhos fechados eixo x	0,0755	0,692
Monopodálica pé direito olhos fechados eixo y	-0,1627	0,390
Monopodálica pé direito olhos fechados (superfície)	-0,0769	0,686
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos eixo x	0,2954	0,113
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos eixo y	0,0884	0,642
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos (superfície)	0,1971	0,297
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados eixo x	0,2374	0,206
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados eixo y	0,4234	0,020**
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados (superfície)	0,2350	0,211

** Correlação existente.

Tabela 7: Oscilações correlacionadas com a idade, para $p < 0,05$.

No estudo, a variável idade não apresentou correlação expressiva com as oscilações em suas manifestações, apenas um valor considerado baixo, como descreve Morrow et al. (2000) classificando valores como esse como sendo fracos, esse aspecto não foi o foco desse estudo, onde a amplitude de idade se apresentou reduzida, com poucos sujeitos com mais de 50 anos, mostrando assim a evidência que essas variáveis isoladas não apresentam correlação direta com o equilíbrio corporal estático.

Resultados semelhantes foram encontrados por Godoi e Barela (2002) que pesquisaram um grupo de idosos comparados a um grupo de jovens e não encontraram diferenças entre os grupos. Nesse estudo os autores demonstraram-se surpresos com o resultado já que o esperado era que o grupo de idosos apresentasse valores significativamente

maiores em relação ao grupo de adultos jovens, atribuindo essa não diferença à estratégia utilizada pelos idosos, com a estratégia do quadril sendo executada de maneira eficiente. O grupo de adultos jovem utilizou a estratégia do tornozelo para a manutenção do equilíbrio estático.

Para o estudo de comparações entre as oscilações, foi aplicado o tratamento estatístico com o Teste t em todas as manifestações de oscilações. Nas oscilações bipodálicas ocorridas, não foi observada diferença significativa quando realizada com os olhos abertos comparados com olhos fechados. Isso se deve ao fato que a manutenção do equilíbrio na posição bipodálica é muito mais estável do que a monopodálica, que tem uma base de sustentação muito mais restrita e instável, como descreve Schmidt et al (2003).

Quanto ao comportamento, as oscilações bipodálicas se manifestaram da seguinte forma:

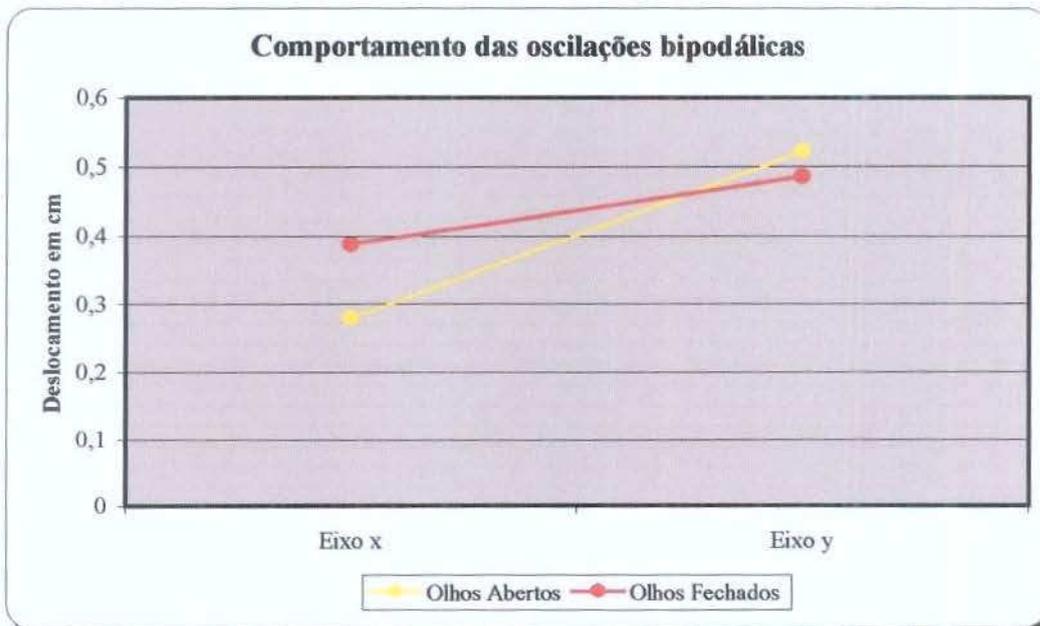


Gráfico 1: Comportamento das oscilações bipodálicas.

Foi encontrada uma maior oscilação no eixo y, tanto com os olhos abertos quanto com os olhos fechados. Em relação a esse comportamento, Clapp; Wing (1999) afirmam que valores maiores nas oscilações bipodálicas no eixo y (oscilação ântero-posterior) são tipicamente duas vezes mais freqüentes do que no eixo x (oscilação lateral), sugerindo assim uma maior estabilidade lateral. Esses resultados manifestariam oscilações corporais normais já que oscilações bipodálicas predominantemente laterais sugerem problemas ou distúrbios no Sistema Nervoso Central (HODGES et al., 2002).

Nas oscilações monopodálicas observa-se diferença significativa quando comparados às oscilações com os olhos abertos com as oscilações com os olhos fechados em todos os casos. Isso se deve ao fato da dificuldade encontrada pelo corpo em realizar ajustes posturais com o intuito de restabelecer o equilíbrio sem as informações sensoriais fornecidas pelo sistema visual, como comprovado em resultados e descrito por Schmidt et al (2003). Brunstrom (1989) a respeito da informação visual descreve que as imagens visuais da localização do corpo e suas partes com relação a pontos de referência no ambiente imediato dão informações complementares para a manutenção do equilíbrio. Abaixo os gráficos que apresentam esses resultados:

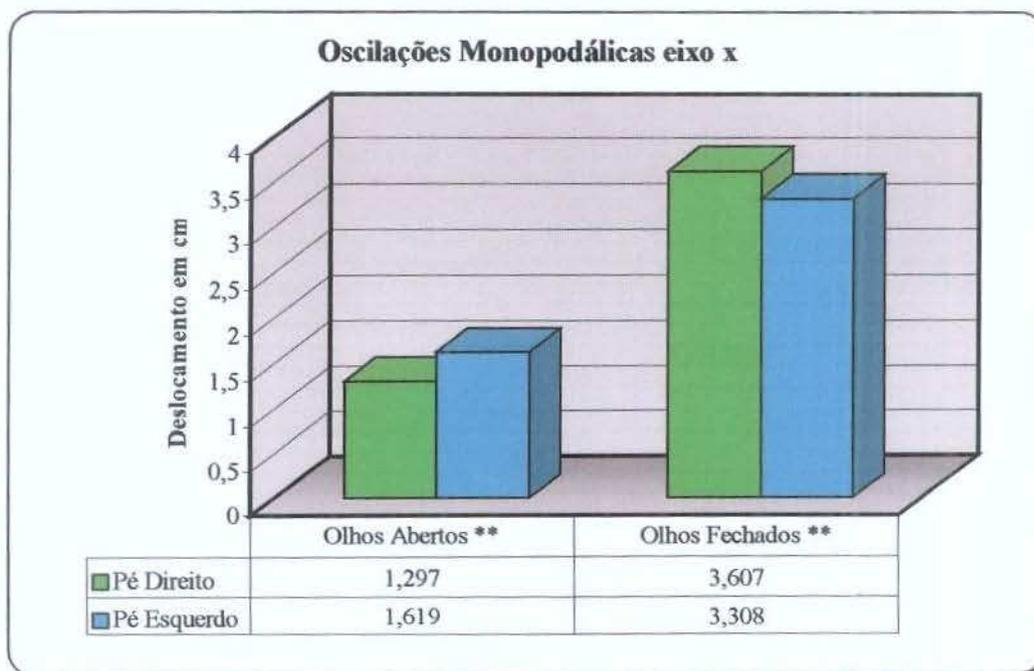


Gráfico 2: Oscilações monopodálicas com o pé direito e esquerdo no eixo x (oscilação lateral).

** Houve diferença significativa entre os olhos abertos e fechados, para $p < 0,05$.

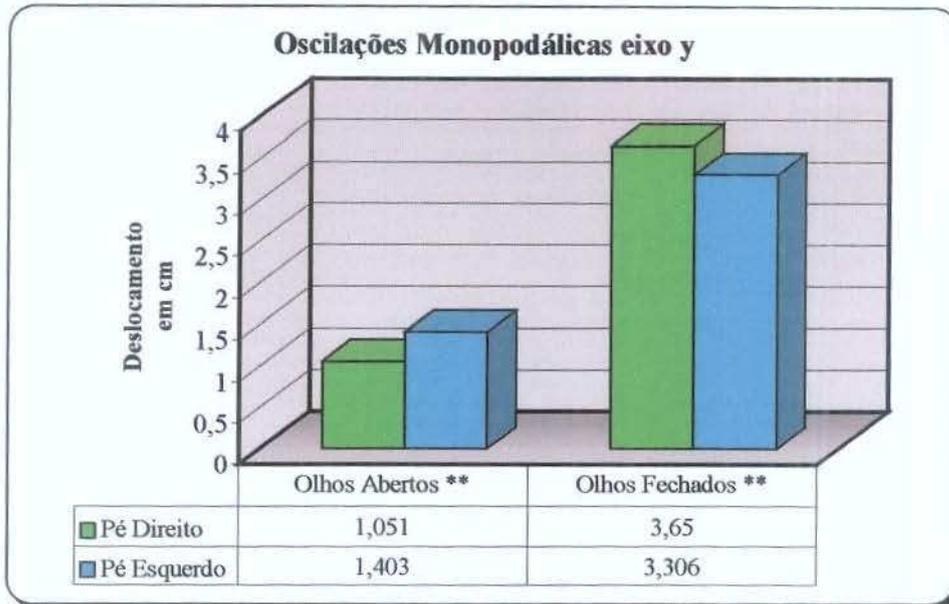


Gráfico 3: Oscilações monopodálicas com o pé direito e esquerdo no eixo y (oscilação antero-posterior).

** Houve diferença significativa entre os olhos abertos e fechados, para $p < 0,05$.

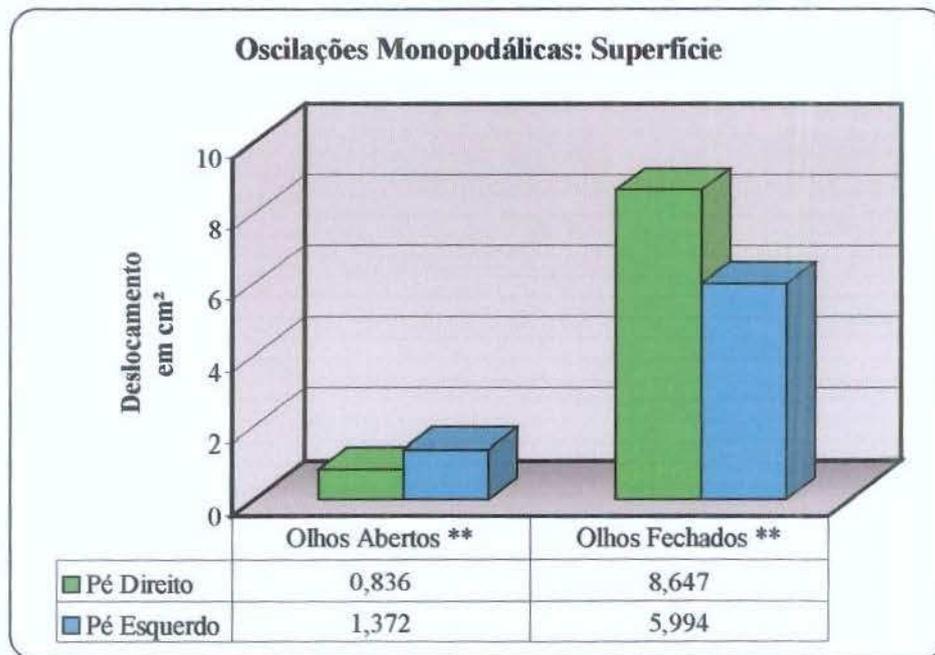


Gráfico 4: Superfície de oscilações monopodálicas com o pé direito e esquerdo.

** Houve diferença significativa entre os olhos abertos e fechados, para $p < 0,05$.

O mesmo comportamento foi observado entre o pé direito e o pé esquerdo, ocorrendo diferença significativa entre as oscilações com os olhos abertos em relação aos olhos fechados, sendo a segunda situação sempre significativamente maior como descrito por Duarte (2000) quando afirma que a informação visual é importante para a realização dos ajustes e correção da posição.

Na comparação monopodálica das oscilações entre o pé esquerdo e o pé direito não foi observado nenhuma diferença significativa nesse estudo. Tal comparação foi realizada, porque em vários estudos não foi encontrada nenhuma diferença e influência entre membros dominantes nas oscilações monopodálicas, como encontrado por Murray et al.; Briggs et al. e Heikkinen apud Oliveira, Imbiriba; Garcia (2000), que também encontraram os mesmos resultados, assim como Schmidt et al (2003).

Um resultado interessante foi a possível diferença significativa no comportamento das oscilações entre pé esquerdo e pé direito com os olhos abertos. Quando confrontados os dados relacionados entre os pés, não foi observada nenhuma diferença, mas o comportamento das oscilações foi numericamente diferente na oscilação monopodálica com os olhos abertos quando realizado o Teste t, conforme tabela a seguir:

Teste T:	Pé Esquerdo (eixo x)	Pé Direito (eixo y)
Média	1,619	1,051
Desvio Padrão	1,217	0,730
Valor de p	0,032**	Diferença significativa

Tabela 8: Teste T na comparação da oscilação lateral do pé esquerdo com a oscilação ântero-posterior do pé direito, ambas com os olhos abertos.

** Houve diferença significativa para $p < 0,05$, no confronto das variáveis.

Essa diferença demonstrou ser significativamente maior na oscilação no eixo x com o pé esquerdo, sendo predominantemente mais lateral do que o pé direito. Entretanto quando comparados às oscilações do pé esquerdo com o pé direito em superfície, observou-se valores muito parecidos, assim como nos eixos x e y, apenas quando confrontados os eixos x do pé esquerdo contra o eixo y do pé direito é que a diferença torna-se significativa. Isso se torna importante porque sugere que o comportamento das oscilações poderia ser diferente, com o pé esquerdo oscilando mais lateralmente, mas quando realizada a análise mais afundo observa-se

que as oscilações nos dois eixos do pé esquerdo são mais altas do que no pé direito, sendo a causa da diferença estatística da oscilação lateral do pé esquerdo (valor mais alto) com a oscilação ântero-posterior do pé direito (valor mais baixo). O gráfico abaixo facilita a visualização da semelhança do comportamento dos dois apoios:

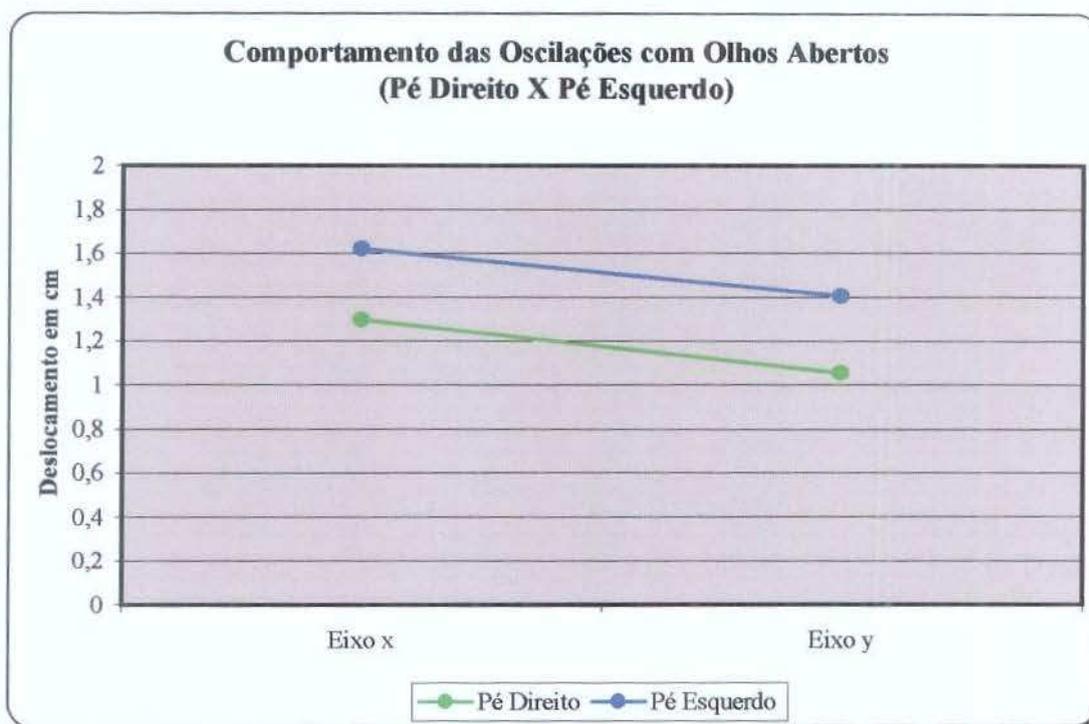


Gráfico 5: Comportamento das oscilações com os olhos abertos do pé direito e esquerdo.

Com a visualização do gráfico acima pode-se observar facilmente que embora a diferença estatística possa sugerir o comportamento diferente entre as oscilações com a interpretação do resultado e a visualização gráfica observa-se que o comportamento é muito semelhante, sendo tanto com o pé direito, quanto no esquerdo às oscilações laterais são maiores.

Duarte (2000) cita que as oscilações do centro de pressão nas análises estabilométricas são aleatórias e não estruturadas. Nesse estudo, em relação ao comportamento das oscilações monopodálicas apresentaram comportamento diferente das oscilações bipodálicas, apresentando maiores valores no eixo x (lateral). Provavelmente essas diferenças acontecem por causa da estabilidade do apoio com os dois pés, que dificulta as oscilações laterais. Nas oscilações monopodálicas fica claro a dificuldade em manter a estabilidade no eixo x em

relação ao eixo y, pois no apoio com apenas um pé, a área de suporte se distribui muito mais ântero-posteriormente do que lateralmente, além da grande diminuição da área de suporte. Nesse aspecto, as oscilações monopodálicas se apresentaram muito semelhantes diferindo apenas nos valores numéricos. Com os olhos abertos os valores das oscilações laterais sempre se mantiveram maiores e com os olhos fechados as oscilações se mantiveram semelhantes nos dos dois eixos (x e y).

Para melhor entendimento, observar o gráfico abaixo:

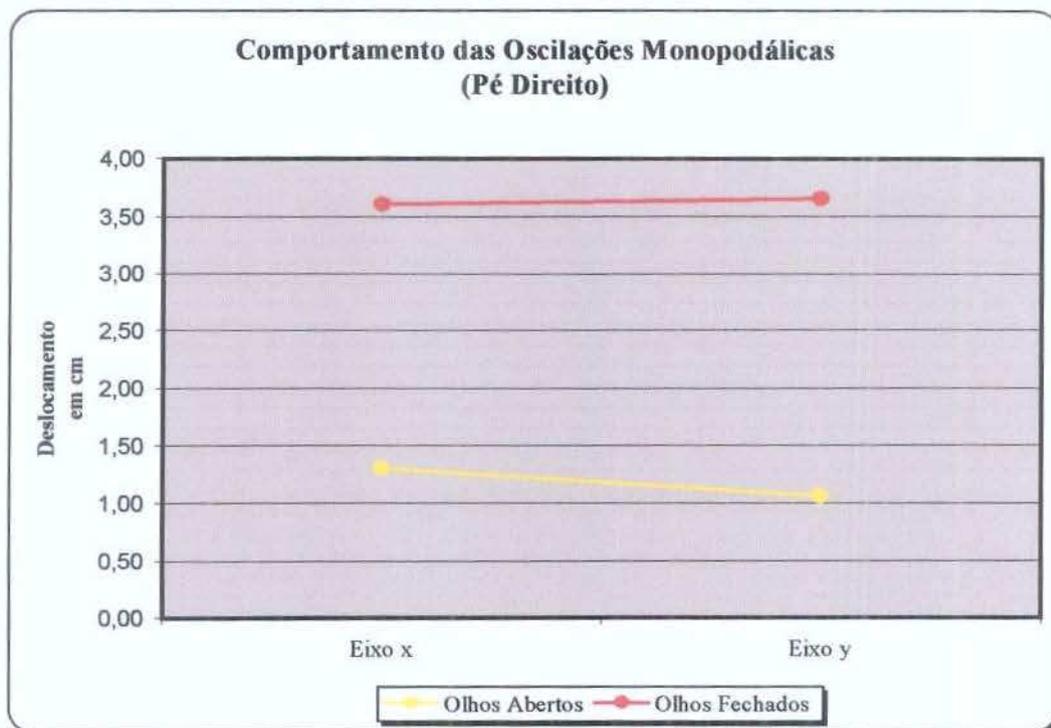


Gráfico 6: Comportamento das oscilações com o pé direito, eixo x e eixo y.

Um comportamento semelhante ao pé direito pode-se observar no gráfico 7 a respeito do pé esquerdo, logo a seguir:

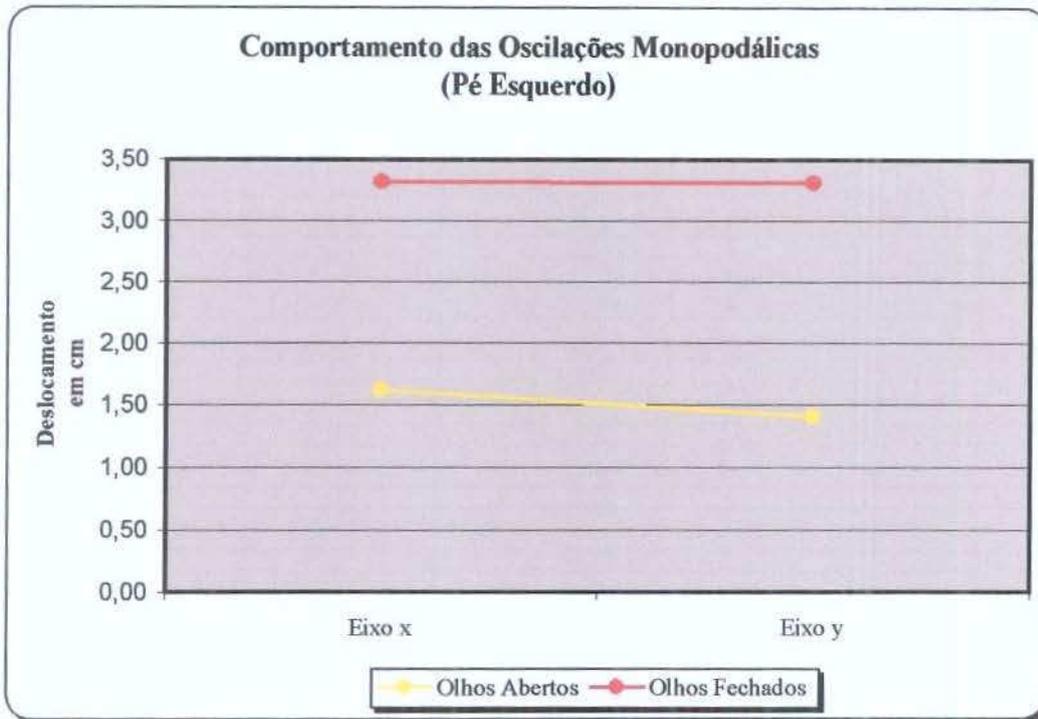


Gráfico 7: Comportamento das oscilações com o pé esquerdo, eixo x e eixo y.

Interessante observar a semelhança encontrada nos dois últimos gráficos, demonstrando um mesmo comportamento das oscilações nas situações: monopodálica com pé direito e monopodálica com pé esquerdo. Em todas elas as oscilações com os olhos fechados foram maiores, como discutido anteriormente. Em todas as situações com os olhos abertos a oscilação lateral (eixo x) foi maior e em todas as situações com os olhos fechados os valores se assemelham nos dois eixos. O fator que diferiu nos comportamentos foi registrado nas oscilações bipodálicas, onde não houve diferença significativa entre os olhos abertos e fechados e ainda as oscilações laterais obtiveram um menor valor devido o apoio com os dois pés, trazendo uma maior estabilização nesse eixo (o eixo x), confirmando a referência de Schmidt et al (2003) onde afirmam que o equilíbrio corporal é bastante estável quando se utilizam os dois pés ao solo e apesar da grande importância da visão na manutenção do equilíbrio corporal, as informações periféricas vindas dos pés intervêm a fim de codificar ao sistema nervoso as posições e os movimentos relativos do corpo em relação ao meio ambiente, garantindo assim maior estabilidade à postura corporal.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da física apresentar suas diversas teorias a respeito do equilíbrio estático, com leis físicas que atuam sobre todos os corpos na Terra, inclusive o corpo humano, percebe-se nesse estudo que as variáveis antropométricas isoladas não influenciaram no comportamento da manutenção do equilíbrio estático humano. Esse fato não anula, nem questiona as leis físicas, mas sim mostra a complexidade que é o corpo humano e quanto complexo é a manutenção da posição em pé bípede, por mais simples que possa parecer.

Além dos fatores mecânicos externos, nosso corpo também sofre influências de fatores internos. Esses compostos tanto de ordem periférica (os sensores cutâneos, como os barorreceptores, os sensores proprioceptivos, etc.) quanto de ordem do sistema nervoso central, como nas vias aferentes e eferentes, informação do sistema vestibular.

Bankoff et al. (1992) reforça a questão que o equilíbrio corporal postural é algo muito difícil em qualquer idade e são necessários muitos estudos para afirmar com segurança qual a melhor e mais eficiente postura corporal. Schmidt et al (2003) acreditam que a complexidade da discussão a respeito do equilíbrio humano é resultantes de fatores mecânicos e antropométricos, assim como, de fatores neuromusculares.

Observa-se nesse estudo a complexidade da posição ortostática, os diversos fatores e variáveis que influem direta e indiretamente no equilíbrio humano, que vão muito além de apenas fatores mecânicos e antropométricos, mas também os fatores neuromusculares, próprios da complexidade do ser humano. Hall (1993) afirma que apesar dos princípios de estabilidade serem geralmente verdadeiros, suas aplicações ao corpo humano somente poderão ser feitas se reconhecermos a influência dos fatores neuromusculares.

Com isso, cabe ressaltar que o equilíbrio e a manutenção do equilíbrio corporal podem ser melhorados e otimizados através de exercícios e treinamento. É comum colocar uma grande parcela de responsabilidade para a manutenção do equilíbrio sobre o sistema visual, tanto que, quando requisitado que os indivíduos fechassem os olhos nesse estudo, houve uma grande dificuldade em permanecerem em pé de maneira estável.

Para o treinamento e aprimoramento do equilíbrio corporal é interessante ter hábitos como a prática de atividades físicas diárias, realizar alongamentos, sessões de relaxamento e massoterapia. Além disso, realizar pequenos trajetos com os olhos vendados, primeiramente com um dos olhos fechados, depois o outro olho, até a caminhada com ambos os olhos fechados, sempre com os pés descalços, de preferência na companhia de alguém para

auxiliar, fornecendo informações a respeito do ambiente e também para inicialmente dar apoio com as mãos ao praticante.

No exemplo citado, percebe-se o estímulo das vias de informações proprioceptivas e vestibulares, com ausência da informação visual, que predominantemente é utilizada como a via de informação principal na manutenção do equilíbrio.

Como objetivo desse trabalho, espera-se ter contribuído para a área de estudos do equilíbrio humano, uma vez que essa área carece de aprofundamentos, por falta de mecanismos de avaliação como afirma Bankoff et al. (1992), Hall (1993) afirmando que são necessárias mais pesquisas para esclarecer a aplicação dos princípios da estabilidade ao equilíbrio humano e Schmidt et al (2003) concluindo que a utilização da baropodometria para o estudo do equilíbrio humano é uma tecnologia recente, que existem pouquíssimas pesquisas relatando seu uso e que demonstra ser uma ótima metodologia para esse tipo de análise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCURI, P. **La valutazione baropodometrica statico-dinamica nel portatore di protesi transtibiale**. 2003. 149 f. Tesi (Curso de laurea in fisioterapia) – Facolta' de medicina e chirurgia, Universita' degli studi di bologna, Bologna.

BANKOFF, A.D.P.; PELEGRINOTTI, I.L.; MORAES, A .C.; GALDI, E.H.G.; MOREIRA, Z.W.; MASSARA, G.; RONCONI, P. Analisis poddometrico de los atletas de levantamiento de peso mediante la técnica vídeo-podometrica. **Congresso Científico Olímpico**, Málaga, Espanha, v.1, n.208, p.18, 1992.

BARELA, J.A. Estratégias de controle em movimentos complexos: ciclo percepção-ação no controle postural. **Revista paulista de Educação Física**. supl. 3, 79-88, 2000.

BEAR, M.F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M.A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

BERELA, A.M.; BORTOLAIA, A.P.; GODOI, D. **Conceitos sobre postura e equilíbrio**. São Paulo, jun. 2002. Disponível em: < <http://www.usp.br/eef/lob/pe> >. Acesso em 20 set. 2003.

BERNE, R.M.; LEVY, M.N. **Fisiologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

BRUNNSTROM, S. **Cinesiologia clínica**. São Paulo: Manole, 1987.

CAOVILLA, H.H.; GANANÇA, M.M.; MUNHOZ, M.S.L.; SILVA, M.G.L.; FRAZZA, M.M. Curso: O equilíbrio corporal e os seus distúrbios. Parte I: noções de neuroanatomofisiologia do sistema vestibular. **Revista brasileira Medicina Otorrinolaringologia**; 4(1), 11-9, jan. 1997.

CARPENTER, M.B. **Neuroanatomia humana**. 7. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.

CLAPP, S.; WING, A.M. light touch contribution to balance in normal bipedal stance. **Experimental brain Research**. Springer – Verlag, 125, p. 521 – 524, 1999.

COSTA, S.S.; CRUZ, O.L.M.; OLIVEIRA, J.A.A. **Otorrinolaringologia: princípios e prática**. Porto Alegre: Artes Médias, 1994.

COVIAN, Miguel R. Regulação da Postura. In: HOUSSAY, Bernardo A. **Fisiologia humana**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1984.

DANGELO, J.G.; FATTINI, C.A. **Anatomia básica dos sistemas orgânicos**. São Paulo: Atheneu, 2002.

_____. **Anatomia humana sistêmica e segmentar**. 2. ed., São Paulo: Atheneu, 1998.

DIAGNOSTIC SUPPORT. **Il baropodômetro**. Disponível em: < <http://www.diasu.com> >. Acessado em: 28 jun. 2003.

DOUGLAS, C.R.. **Tratado de fisiologia aplicada à saúde**. 5. ed. São Paulo: Robe Editorial, 2002.

DUARTE, M. **Análise estabilográfica da postura ereta humana quase-estática**. 2000. 87 f. Tese (dissertação para livre docência em educação Física) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ENOKA, R. M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. 2. ed., São Paulo: Manole, 2000.

ESBERARD, C.A.. Mecanismos neurais da postura e do movimento. In: AIRES, M.M. **Fisiologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.

FRACCAROLI, J.L.; **Biomecânica: análise dos movimentos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 1981.

FRIEDMAN, J.J. O ouvido: Aparelho Vestibular. In: SELKURT, E.E. **Fisiologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986.

GANONG, W. F. **Fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1998.

GARHAMMER, J. Biomecânica I. In: RASH, P.J. **Cinesiologia e anatomia aplicada**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p 54- 69, 1991.

GODOI, D.; BARELA, J.A. Mecanismos de ajustes osurais feedback e feedforward em idosos. **Revista brasileira de ciências do esporte**, Campinas, v.23, n.3, p. 9 –19, maio 2002.

GRAY, Henry. **Gray anatomia**. 29. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

_____. **Gray anatomia**. 35. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1979.

GREEMBERG, D. A.; AMINOFF, M.S.; SIMON, R.P. **Neurologia clínica**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GUIDETTI, G. **Diagnosi e terapia dei disturbi dell' equilibrio**. 2. ed., Roma: Marrapese, 1997.

GUYTON, A.C. **Fisiologia humana e mecanismo das doenças**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986.

_____. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

HALL, S.J.; **Biomecânica básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.

HENNEMAM, E. O cerebelo. In: MOUNTCASTLE, V.B. **Fisiologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1982.

HODGES, P.W.; GURFINKEL, S.; BRUMAGNE, S.; SMITH, T.C.; CORDO, P.C. Coexistence of stability and mobility in postural control: evidence from postural compensation for respiration. **Experimental brain research**. Springer – Verlag, 144, p. 293 – 302, april 2002.

HOUSSAY, B.A. **Fisiologia humana**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1984.

LATASH, M.L.; **Neurophysiological: Basis of Movement**. The Pennsylvania State University: Human Kinetics, 1998.

MACHADO, A. **Neuroanatomia funcional**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2003.

MARSICO, V.; MORETTI, B.; PATELLA, V. Et all. Analisi baropodometrica del passo in soggetti sani anziani ed in pazienti gonartrosici prima e dopo intervento di artroprotesi di ginocchio. **G Ital Med Lav Erg**. 24(1), 2002, 72-83.

MATHEWS, D.K. **Medidas e avaliação em Educação Física**. 5. ed, Rio de Janeiro: interamericana, 1980.

MOORE, K.L.; DALLEY, A.F.. **Anatomia orientada para clínica**. 4. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

MOOROW, J.R.; JACKSON, A.W.; DISCH, J.G.; MOOD, D.P. **Measurement and evaluation in human performance**. 2. ed, USA, Champaign, 2000.

NETTER, F. H. **Atlas de anatomia humana**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

OLIVEIRA, L.F.; IMBIRIBA, L.A.; GARCIA, M.A.C. Índice de estabilidade para avaliação do equilíbrio postural. **Revista brasileira de Biomecânica**. Ano 1, n.1, nov. 2000, 33-38.

POWERS, S.K; HOWLEY, E.T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao rendimento**. São Paulo: Manole, 2000.

PRADO, J.M.; OKAI, L.A.; MEZZARANE, R.A. **Testes para postura e equilíbrio**. São Paulo, jun. 2002. Disponível em: < <http://www.usp.br/eef/lob/pe> >. Acesso em 20 set. 2003.

SCHAUF, C.F.; MOFFETT, D.F.; MOFFETT, S.B. **Fisiologia humana**. Rio de Janeiro: Atheneu, 1984.

SCHMIDT, A.; BANKOFF, A.D.P.; ZAMAI, C.A.; BARROS, D.D. **Estabilometria: estudo do equilíbrio postural através da baropodometria eletrônica.** In. Congresso brasileiro de ciências do esporte, 13., 2003 Caxambu. Anais... Caxambu, 2003.

SOBOTTA, J. **Atlas de anatomia humana.** 20. ed. vol 1. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.

SOUCHARD, P.E. **Ginástica postural global.** São Paulo: Martins Fontes, 1988.

SPENCE, A.P. **Anatomia humana básica.** 2. ed. São Paulo: Manole, 1991.

TAVARES, P.; FURTADO, M.; SANTOS, F. **Fisiologia humana.** Rio de Janeiro: Atheneu, 1984.

VANDER, A.J.; SHERMAM, J.H.; LUCIANO, D.S. **Fisiologia humana: os mecanismos da função de órgãos e sistemas.** São Paulo: McGraw-Hill, 1981.

APÊNDICE

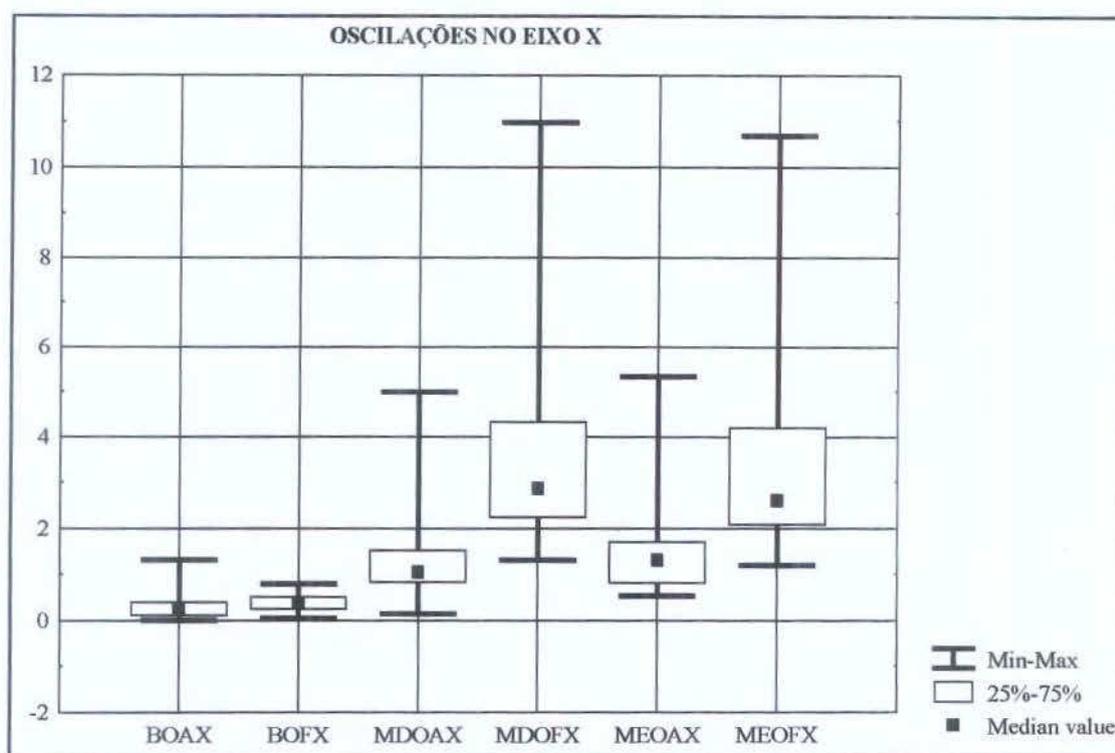


Gráfico 8: Estatística descritiva das oscilações no eixo x.

Oscilações no eixo x (cm)	Máximo	Mínimo	75%	25%	Mediana
Bipodálica olhos abertos (BOAX)	1,31	0,00	0,39	0,10	0,225
Bipodálica olhos fechados (BOFX)	0,79	0,05	0,50	0,24	0,380
Monopodálica pé direito olhos abertos (MDOAX)	5,00	0,15	1,53	0,83	1,040
Monopodálica pé direito olhos fechados (MDOFX)	10,97	1,32	4,34	2,23	2,870
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos (MEOAX)	5,35	0,53	1,71	0,81	1,315
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados (MEOFX)	10,69	1,20	4,21	2,07	2,610

Tabela 9: Tabela descritiva das oscilações no eixo x.

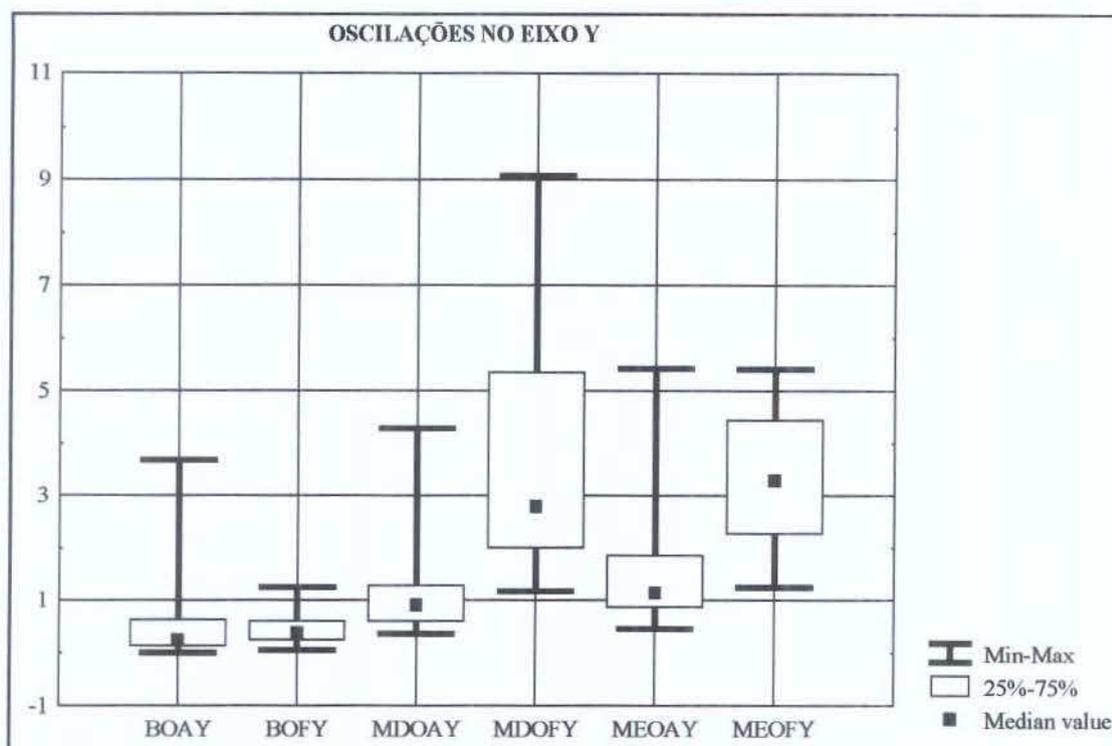


Gráfico 9: Estatística descritiva das oscilações no eixo y.

Oscilações no eixo y (cm)	Máximo	Mínimo	75%	25%	Mediana
Bipodálica olhos abertos (BOAY)	3,68	0,00	0,62	0,12	0,225
Bipodálica olhos fechados (BOFY)	1,25	0,05	0,61	0,22	0,365
Monopodálica pé direito olhos abertos (MDOAX)	4,28	0,36	1,27	0,6	0,900
Monopodálica pé direito olhos fechados (MDOFY)	9,08	1,17	5,35	2,00	2,795
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos (MEOAY)	5,43	0,46	1,86	0,86	1,130
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados (MEOFY)	5,42	1,25	4,45	2,26	3,275

Tabela 10: Tabela descritiva das oscilações no eixo y.

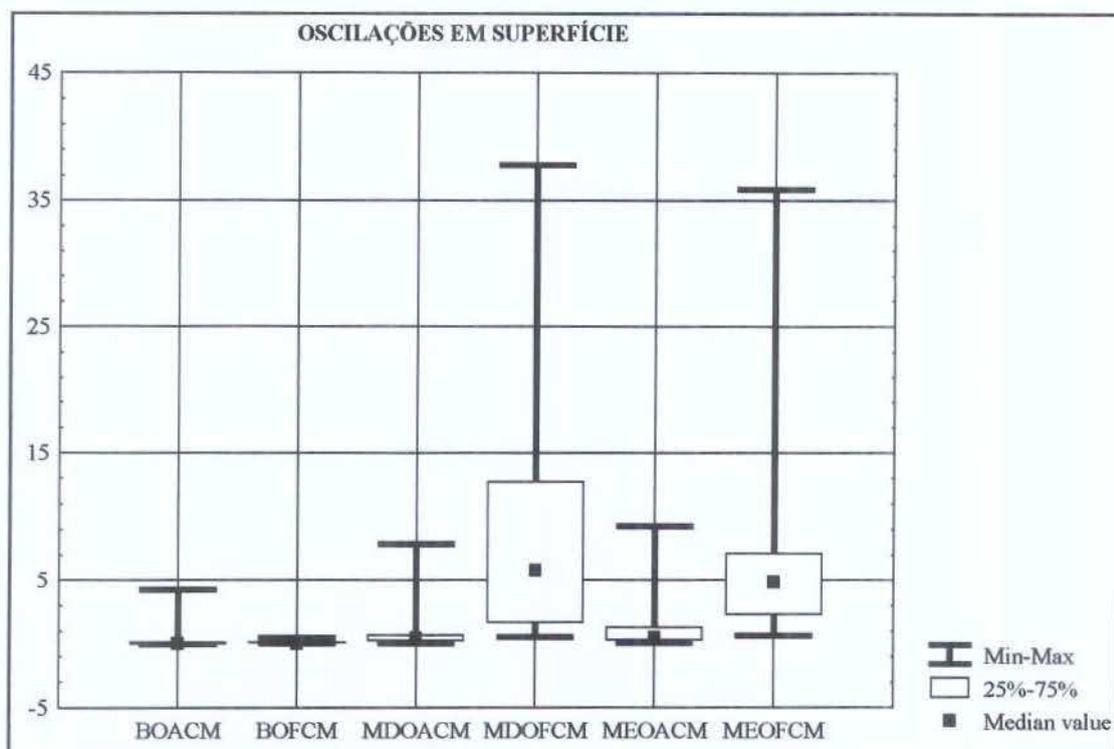


Gráfico 10: Estatística descritiva das oscilações em superfície.

Oscilações em superfície (cm ²)	Máximo	Mínimo	75%	25%	Mediana
Bipodálica olhos abertos (BOACM)	4,26	0,00	0,12	0,01	0,025
Bipodálica olhos fechados (BOFCM)	0,49	0,01	0,14	0,02	0,070
Monopodálica pé direito olhos abertos (MDOACM)	7,86	0,04	0,74	0,24	0,440
Monopodálica pé direito olhos fechados (MDOFCM)	37,77	0,55	12,71	1,73	5,795
Monopodálica pé esquerdo olhos abertos (MEOACM)	9,26	0,09	1,32	0,34	0,540
Monopodálica pé esquerdo olhos fechados (MEOFCM)	35,85	0,63	7,12	2,32	4,860

Tabela 11: Tabela descritiva das oscilações em superfície.



Figura 22: Plataforma modular com sensores do baropodômetro eletrônico.

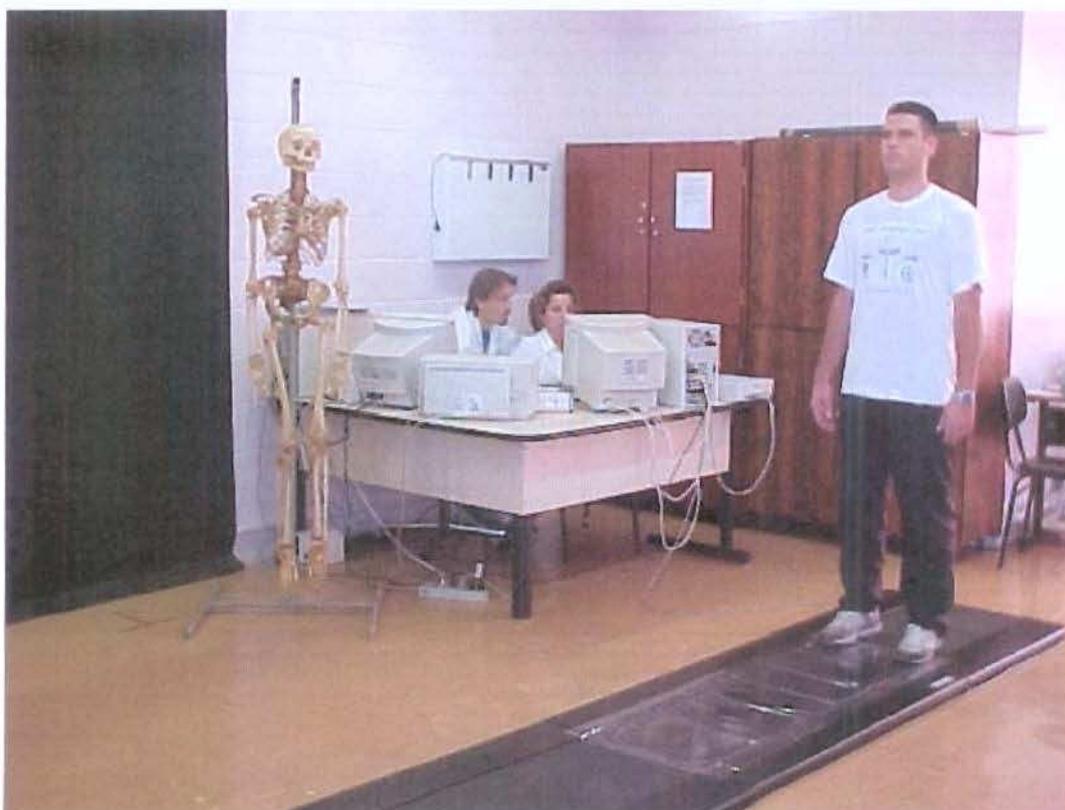


Figura 23: Foto ilustrativa para exemplificar uma análise baropodométrica (estática e estabilométrica).

ANEXOS

RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES ESTABILOMÉTRICAS

Nº	IDADE	SEXO	ESTATURA	MASSA C.	IMC	BIPODALICA					
						Olhos A.			Olhos F.		
						eixo x	eixo y	cm ²	eixo x	eixo y	cm ²
1	18	F	1,62	66,0	25,15	0,41	0,62	0,12	0,72	0,81	0,21
2	22	F	1,64	62,0	23,05	0,22	0,12	0,01	0,24	0,26	0,02
3	21	M	1,65	60,0	22,04	0,19	0,12	0,01	0,5	0,6	0,11
4	29	M	1,80	68,0	20,99	0,06	0,06	0	0,34	0,73	0,17
5	29	M	1,71	79,0	27,02	0,47	0,29	0,07	0,36	0,95	0,28
6	29	F	1,68	68,0	24,09	0,13	0,1	0,01	0,68	0,3	0,14
7	33	M	1,68	51,9	18,50	0,15	0,1	0,01	0,16	0,05	0,01
8	33	M	1,73	94,0	31,41	0,17	0,17	0,01	0,61	1,17	0,43
9	35	M	1,73	91,0	30,41	0	0	0	0,24	0,57	0,01
10	35	M	1,86	84,0	24,28	0,31	0,33	0,04	0,33	0,21	0,03
11	37	M	1,68	74,0	26,22	0,1	0,23	0,02	0,4	0,47	0,07
12	37	M	1,72	90,0	30,42	0,62	1,65	0,85	0,6	0,22	0,11
13	39	M	1,79	72,0	22,47	0,12	0,14	0,01	0,12	0,25	0,02
14	40	F	1,55	61,7	25,68	0,28	0,62	0,12	0,43	0,61	0,12
15	40	M	1,76	79,2	25,57	0,15	0,3	0,03	0,25	0,17	0,02

RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES ESTABILOMÉTRICAS

Nº	MONOPODALICA											
	Pé Direito						Pé Esquerdo					
	Olho A.			Olho F.			Olho A.			Olho F.		
	eixo x	eixo y	cm ²	eixo x	eixo y	cm ²	eixo x	eixo y	cm ²	eixo x	eixo y	cm ²
1	0,83	1,29	0,52	5,32	7,41	17,24	0,53	0,88	0,25	1,2	1,87	1,1
2	0,74	1,3	0,53	2,58	9,08	25,87	1,57	2,05	1,32	2,32	2,72	2,32
3	1,28	1,03	0,52	1,49	1,89	1,12	0,81	1,06	0,35	1,42	1,25	0,63
4	0,15	0,36	0,04	3,37	1,84	3,57	0,54	0,49	0,09	2,17	3,2	3,21
5	0,88	0,61	0,24	2,64	4,46	6,26	1,56	0,78	0,76	3,83	2,64	4,61
6	0,56	0,45	0,1	3,03	1,36	2,88	0,96	1,1	0,38	1,69	1,5	0,9
7	0,73	0,85	0,22	2,35	1,55	1,73	1,05	0,75	0,35	2,48	1,94	1,93
8	2,24	1,57	1,57	3,35	2,44	3,52	1,45	1,86	1,08	2,19	3,74	4,39
9	0,88	0,6	0,25	4,34	7,27	16,59	0,55	0,72	0,16	1,88	1,73	1,11
10	0,84	1,21	0,46	1,32	1,17	0,55	5,35	5,43	9,26	7,1	4,42	15,81
11	1,37	0,83	0,59	2,84	4,27	5,73	1,71	0,69	0,91	3,54	4,76	7,12
12	0,64	0,71	0,16	4,95	2,44	7,7	1,36	1,2	0,58	2,58	4,45	6,21
13	0,83	0,81	0,22	2,23	2,58	2,09	0,94	0,56	0,28	5,19	4,22	8,46
14	0,87	0,49	0,24	4,32	3,89	5,86	0,83	0,46	0,22	2,73	2,02	2,34
15	0,73	0,6	0,17	2,81	5,35	8,98	1,27	1,16	0,5	1,64	3,35	3,52

RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES ESTABILOMÉTRICAS

N°	IDADE	SEXO	ESTATURA	MASSA C.	IMC	BIPODALICA					
						Olhos A.			Olhos F.		
						eixo x	eixo y	cm ²	eixo x	eixo y	cm ²
16	41	M	1,83	85,0	25,38	0,09	1,23	0,47	0,24	0,26	0,02
17	44	M	1,69	70,0	24,51	0,25	0,22	0,02	0,4	0,2	0,05
18	44	F	1,59	77,0	30,46	0,26	0,12	0,02	0,5	0,16	0,08
19	45	M	1,69	75,0	26,26	0,23	0,11	0,02	0,47	0,38	0,07
20	46	M	1,66	76,0	27,58	0,41	0,48	0,07	0,36	0,46	0,07
21	47	M	1,77	68,1	21,74	0,1	0,2	0,01	0,11	0,22	0,02
22	47	F	1,52	66,8	28,91	0,44	1,41	0,62	0,62	0,6	0,12
23	48	F	1,44	44,0	21,22	0,06	0,12	0	0,11	0,3	0,03
24	48	F	1,56	74,4	30,57	1,31	3,68	4,26	0,79	1,13	0,4
25	51	M	1,67	79,2	28,40	0,29	0,09	0,03	0,54	0,35	0,09
26	53	F	1,50	53,0	23,56	0,81	1,55	0,75	0,43	1,01	0,32
27	55	M	1,80	79,0	24,38	0,09	0,44	0,06	0,24	0,46	0,07
28	56	F	1,47	57,4	26,56	0,03	0,09	0	0,33	0,2	0,03
29	56	F	1,46	83,9	39,36	0,39	0,67	0,14	0,46	1,25	0,49
30	56	F	1,59	67,0	26,50	0,28	0,36	0,04	0,05	0,21	0,01

RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES ESTABILOMÉTRICAS

Nº	MONOPODALICA											
	Pé Direito						Pé Esquerdo					
	Olho A.			Olho F.			Olho A.			Olho F.		
	eixo x	eixo y	cm ²	eixo x	eixo y	cm ²	eixo x	eixo y	cm ²	eixo x	eixo y	cm ²
16	0,84	1,07	0,36	1,65	2,29	1,65	0,68	1,04	0,34	4,41	2,56	6,11
17	2,16	0,65	1,47	7,59	4,13	18,08	3,11	2,68	3,04	5,38	5,42	9,22
18	1,58	1,26	0,79	10,97	3,01	37,77	1,62	2,12	1,41	10,69	4,98	35,85
19	0,98	0,57	0,3	6,36	2,3	12,71	0,65	0,93	0,27	2,58	4,55	6,51
20	1,16	0,42	0,42	3,14	5,67	10,08	0,77	1,15	0,41	2,21	1,29	1,54
21	5	4,28	7,86	1,89	1,71	1,13	1,16	1,04	0,43	1,96	2,26	1,61
22	1,49	1,27	0,7	1,97	1,37	1,22	1,42	1,13	0,63	2,64	3,01	2,84
23	2,98	1,62	2,78	2,08	6,28	12,38	2,51	1,89	1,98	3,04	4,79	7,19
24	0,71	1,13	0,4	7,74	3,1	18,81	3,52	2,31	3,9	5,54	3,63	9,65
25	1,62	1,94	1,18	2,25	6,41	12,89	2,29	2,08	1,65	2,97	4,03	5,11
26	1,53	1,31	0,74	6,03	6,33	12,57	1,02	1,13	0,4	1,62	4,93	7,62
27	1,55	1,22	0,76	1,34	2	1,26	1,7	1,21	0,91	4,21	3,04	5,56
28	1,12	0,95	0,4	3,02	2,02	2,86	1,81	1,57	1,03	4,34	2,4	5,93
29	1,51	0,54	0,72	2,35	2,07	1,73	0,77	0,86	0,23	3,61	3,71	4,31
30	1,1	0,58	0,38	2,9	3,82	4,59	5,06	1,77	8,04	2,07	4,76	7,12