

# **DISTRIBUIÇÃO DA PRESSÃO PLANTAR E LOCALIZAÇÃO DO CENTRO DE FORÇA APÓS INTERVENÇÃO PELO MÉTODO DE REEDUCAÇÃO POSTURAL GLOBAL: UM ESTUDO DE CASO**

*Plantar pressure distribution and center force location after postural global reeducation: a case relate*

*Rosana Macher Teodori<sup>1</sup>*

*Elaine Caldeira de Oliveira Guirro<sup>2</sup>*

*Renata Moraes Santos<sup>3</sup>*

## **Resumo**

Aferências de receptores plantares e proprioceptivos fornecem ao sistema nervoso informações necessárias ao controle postural. Alterações desses mecanismos neuromusculares provocadas por traumas podem causar dano articular e alterações posturais permanentes. Este estudo avaliou as modificações na distribuição da pressão plantar e localização do centro de força em sujeito com história de entorse de tornozelo direito, utilizando uma plataforma de pressão Tekscan-Matscan, em apoio bipodal livre e com os olhos abertos. Após constatação de assimetria na distribuição da pressão plantar, realizou-se uma sessão de Reeducação Postural Global (RPG), seguida de avaliações em plataforma de pressão imediatamente após a intervenção e após 7, 14 e 30 dias da mesma. Os resultados mostraram recuperação evidente da simetria, que se manteve por 7 dias. Após esse período, houve tendência à recuperação gradativa da assimetria, não alcançando, no entanto, os valores iniciais após 30 dias. Conclui-se que uma única sessão de RPG foi eficiente para reequilibrar a distribuição das pressões de contato e isso interferiu positivamente na localização do centro de força, porém, não promoveu a correção definitiva, sugerindo a necessidade de maior número de sessões para promover a adaptação do sistema nervoso às novas entradas proprioceptivas e, conseqüentemente, uma resposta sustentada. Os resultados sugerem ainda que a frequência de uma intervenção semanal na prática clínica para esse tipo de alteração seria suficiente para um programa de tratamento.

**Palavras-chave:** Fisioterapia; Reeducação Postural Global; Plasticidade Neuromuscular; Pressão Plantar; Centro de Força.

---

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

**Rosana Macher Teodori**

Faculdade de Ciências da Saúde

Programa de Mestrado em Fisioterapia

Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP

Rodovia do Açúcar, km 156

CEP: 13.400-911

Piracicaba-SP

e-mail: rteodori@unimep.br

Fone: (19) 3124-1558 ANEXOS

<sup>1</sup> Fisioterapeuta. Doutora pela FOP-UNICAMP. Docente do Programa de Mestrado em Fisioterapia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP).

<sup>2</sup> Fisioterapeuta. Doutora pela UNESP *Campus* Rio Claro. Docente do Programa de Mestrado em Fisioterapia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP).

<sup>3</sup> Graduanda do Curso de Fisioterapia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP).

## Summary

Afferences of plantar mechanoreceptors and neuromuscular spindle supply to the nervous system necessary information to the postural control. Changes in such neuromuscular mechanisms caused by injury may lead to articular damage and permanent postural changes. This study evaluated the modifications in plantar pression distribution and center of force location in a subject with a right ankle entorse history, using a Tekscan-Matscan pressure platform, with free bipodal support and open eyes. After confirmation of asymmetry in plantar pression distribution, a session of Postural Global Reeducation (PGR) was applied followed by evaluations in pression platform immediately after the intervention and after 7, 14 and 30 days. The results showed evident symetry recovery kept for 7 days. After this period it was noticed a tendency to a gradative asymmetry return, nevertheless, it hasn't reach the initial values after 30 days. We concluded that a single PGR session was enough to balance contact pression distribution and that interfered positively in the center of force location, but it hasn't promoted a definitive correction, suggesting need of a larger number of sessions to promote nervous system adaptation to new proprioceptive entrances and, consequently, a sustained answer. The results suggest although the frequency of a weekly intervention for this kind of alteration would be enough for a treatment program.

**Keywords:** Physiotherapy; Postural Global Reeducation; Neuromuscular Plasticity; Plantar Pressure; Center of Force.

## Introdução

A Reeducação Postural Global (RPG) é um método desenvolvido por Phillippe Emanuel Souchard, que utiliza o alongamento muscular ativo envolvendo, em conjunto, os músculos estáticos antigravitários, os rotadores internos e os inspiratórios (MARQUES et al., 1994). Atua na reeducação proprioceptiva, estimulando a capacidade de perceber a posição dos segmentos corporais, bem como a amplitude, direção e velocidade dos movimentos articulares.

Um trauma pode causar modificação das aferências cutâneo-plantares e proprioceptivas do local, promovendo compensações à distância, que interferem com o alinhamento postural (SOUCHARD; OLLIER, 2001).

A sensação cutâneo-plantar desempenha importante função na regulação do ritmo da marcha humana (YANG; STEIN, 1990; DUYSSENS et al., 1995), contribuindo ainda para certos aspectos do controle postural (WATANABE; OKUBO, 1981; MAGNUSSON et al., 1990a; MAGNUSSON et al., 1990b; ASAI et al., 1994). Aferências cutâneas de mecanorreceptores plantares podem fornecer informações espaciais e temporais detalhadas sobre as pressões de contato no pé (BURGESS; PERL, 1974; VALLBO; JOHANSSON, 1984), além de vários tipos de informação que podem facilitar o controle de reações posturais (PERRY et al., 2000).

Hurley (1997) aponta ainda que a alteração dos mecanismos neuromusculares proprioceptivos pode iniciar ou acelerar um dano articular.

Com base nessas considerações, o objetivo deste estudo foi avaliar as modificações na distribuição da pressão plantar e do centro de força em indivíduo com história de entorse de tornozelo, submetido a uma sessão de RPG.

## Materiais e métodos

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Fisioterapia da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), de acordo com a Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde, com 1 voluntário do sexo feminino, 23 anos, que assinou termo de consentimento livre e esclarecido, contendo todas as informações sobre os procedimentos experimentais.

O voluntário tem história de entorse de tornozelo direito no ano de 1997, conseqüente à queda em atividade esportiva, apresentando edema e dor seguindo o trauma. Nenhum tratamento clínico ou cinesioterapêutico foi realizado, mas apenas compressa gelada durante uma semana e repouso. Paulatinamente o edema foi reduzido, persistindo ainda a dor durante as 3 semanas subseqüentes, acompanhada de marcha antálgica. O retorno à atividade esportiva só ocorreu um mês depois, quando o indivíduo ainda poupava o pé direito para apoio. Em abril de 2003, sofreu novo entorse à direita, estando, na época da avaliação que precedeu a intervenção neste relato, "recuperado" da referida lesão, no entanto, apresentando dor em atividades que exigiam maior apoio e esforço.

Realizou-se uma avaliação em plataforma de pressão Tekscan–Matscan, em que a distribuição de forças na superfície plantar foi gravada em 200 *frames*. Foram realizadas 3 análises, tomando-se os dados das *frames* 1, 100 e 200, e considerando-se para a avaliação final uma média dos valores obtidos na posição de apoio bipodal livre, com olhos abertos.

A seguir, o voluntário foi submetido a uma sessão de RPG, que constou inicialmente da postura “Rã no Chão com Braços Fechados”, realizada conforme preconizado por Souchard (1996) e descrito por Teodori et al. (2003). O indivíduo foi posicionado em decúbito dorsal com os braços ao longo do corpo, mãos em posição supina e membros inferiores com abdução e flexão de quadril, joelhos fletidos até a completa aposição das plantas dos pés. Realizou-se a pompagem dorsal, visando ao alinhamento das curvaturas dorsal e cervical da coluna vertebral, enquanto a pompagem sacral proporcionou a retificação da coluna lombar. O indivíduo foi solicitado a abduzir os quadris a partir da posição inicial, mantendo as plantas dos pés em aposição, alinhadas ao eixo do corpo.

Durante a postura, o terapeuta utilizou comandos verbais e contatos manuais, solicitando a manutenção do alinhamento e as correções posturais necessárias, com o objetivo de otimizar o alongamento e impedir compensações. O voluntário era então solicitado a realizar inspirações tranquilas, seguidas de expirações prolongadas, com o máximo rebaixamento possível das costelas e protusão do abdômen, visando ao alongamento da cadeia muscular inspiratória, enquanto o terapeuta auxiliava na manutenção do crescimento axial. Essa postura foi utilizada principalmente com o objetivo de estimular a percepção corporal e a consciência dos movimentos respiratórios, tendo duração de 30 minutos.

Logo após, foi aplicada a postura “Em Pé no Centro” (SOUCHARD, 1996), estando o voluntário posicionado com os pés em ângulo de 30°, com discreta rotação lateral da coxa, pequena flexão de joelhos e quadril, alinhamento da pelve para evitar anteversão, crescimento axial a partir do apoio da mão do terapeuta na região occipital, braços ao longo do corpo com rotação lateral e supinação, sendo solicitado a realizar inspirações tranquilas, seguidas de expirações prolongadas. A percepção da pressão dos pés sobre a superfície

de apoio era incentivada pelo terapeuta por comandos verbais, estimulando reações motoras no sentido de distribuir o peso do corpo para a maior área possível do apoio plantar. Essa postura foi aplicada durante 15 minutos, numa proporção de 3 minutos de atividade para 1 minuto de intervalo. Ao final da sessão, realizou-se a integração estática, que visa a “obter a posição mais próxima possível do resultado esperado, sem esforço e com sensação de equilíbrio confortável” (SOUCHARD; OLLIER, 2001). O terapeuta apoiava uma mão na região occipital, realizando breves balanços passivos de massa na posição em pé, estimulando transferências de peso no sentido ântero-posterior, látero-lateral e oblíquo, de um pé para o outro. Em seguida, realizou-se uma reequilibração geral, mantendo a linha de gravidade no centro da base de sustentação.

Imediatamente após a aplicação e integração das posturas, o voluntário foi novamente avaliado por meio do sistema Tekscan–Matscan, conforme descrito anteriormente. As coletas de dados ocorreram: imediatamente antes da intervenção (T1), imediatamente após a intervenção (T2), 7 dias após a intervenção (T3), 14 dias após a intervenção (T4) e 30 dias após a intervenção (T5).

Para análise dos dados, foram considerados os valores de pico de pressão de contato no calcâneo e no antepé, área de contato da superfície plantar, pico de força no calcâneo e no antepé e distância entre o centro de força e a borda medial de cada pé.

## **Resultados**

O pico de pressão de contato no calcâneo e antepé observado nos diferentes tempos foi expresso em porcentagem, conforme relacionado a seguir: Em T1: 42,75% no calcâneo D; 57,25% no calcâneo E; 38,02% no antepé D; 61,98% no antepé E. Em T2: 51,94% no calcâneo D; 48,06 no calcâneo E; 50,27% no antepé D; 49,73% no antepé E. Em T3: 46,44% no calcâneo D; 53,56% no calcâneo E; 50,5% no antepé D; 49,5% no antepé E. Em T4: 36,1% no calcâneo D; 63,9% no calcâneo E; 51,9% no antepé D; 48,1% no antepé E. Em T5: 45,3% no calcâneo D; 54,7% no calcâneo E; 50,68% no antepé D; 49,32% no antepé E. A área de contato na superfície plantar (em cm<sup>2</sup>) foi de 74,47 à D e 89,46

a E, em T1; 90,4 a D e 85,24 a E, em T2; 71,43 a D e 74 a E, em T3; 73,77 a D e 74 a E, em T4; 78,53 a D e 77,75 a E, em T5. O pico de força (em kg) no calcâneo foi de 2,71 a D e 3,62 a E, em T1; 3,0 a D e 2,78 a E, em T2; 2,92 a D e 3,38 a E, em T3; 1,81 a D e 3,23 a E, em T4; 2,58 a D e 3,13 a E, em T5. No antepé, foi de 1,30 a D e 2,12 a E, em T1; 1,86 a D e 1,84 a E, em T2; 1,85 a D e 1,81 a E, em T3; 2,69 a D e 2,50 a E, em T4; 2,13 a D e 2,05 a E, em T5. A distância entre o centro de força e a borda medial de cada pé (em cm), foi de 6,93 a D e 3,4 a E, em T1; 4,23 a D e 6,2 a E, em T2; 4,7 a D e 5,43 a E, em T3; 5,17 a D e 5,03 a E, em T4; 4,7 a D e 5,55 a E, em T5. Esses dados podem ser visualizados nas Figuras de 1 a 10.

### Considerações finais

O centro de gravidade de um indivíduo em pé, com os braços ao longo do corpo, está sob uma linha vertical que toca o chão a cerca de 3 cm à frente da articulação tíbio-társica. Sua localização é ligeiramente anterior à segunda vértebra sacral. Considera-se que o centro de gravidade corresponde ao ponto em que se concentra toda a massa do corpo (OKUNO; FRATIN, 2003), na posição avaliada (apoio bipodal com os braços ao longo do corpo), sendo esse ponto também denominado “centro de força”.

O centro de força foi identificado nos momentos T1 a T5, observando-se que a distância entre o centro de força e a borda medial dos pés antes da intervenção - que em condições normais deveria ser simétrica para ambos os lados - foi mais de 50% menor à esquerda, havendo forte deslocamento do centro de força para esse lado. Essa alteração pode estar relacionada à história de entorse à direita, tendo provavelmente havido uma adaptação postural “protetora” para minimizar o apoio no pé comprometido, evitando a dor e promovendo a compensação com maior apoio de peso do lado contralateral.

Após uma lesão, informações aferentes da área afetada, especialmente dos receptores de dor e táteis cutâneos, desencadeiam limitação do percurso de movimento sem dor e postura antálgica. Os músculos da área afetada terão ação anormal, gerando *feedback* proprioceptivo anormal. A repetição desses movimentos anormais reforça essas aferências, estabelecendo modificação

dos engramas motores e, conseqüentemente, adaptação à nova posição e movimento, que passam a ser percebidos pelo indivíduo como movimento e postura “normais”.

Brody & Thein (1998) afirmam que a correção postural se faz necessária, pois quando existe um alinhamento ruim, sempre existirão desvios compensatórios. A avaliação inicial do sujeito deste estudo mostrou que após 6 anos da lesão inicial, a atitude postural ainda mantém o efeito “protetor” do lado direito, já recuperado da lesão.

A alteração do centro de força e de todas as outras variáveis estudadas em T1 demonstra esse fato (Figuras 1, 4, 7, 8, 9 e 10).

A assimetria na distribuição de peso na planta dos pés mantida por tempo prolongado pode estabelecer uma atitude escoliótica decorrente do desequilíbrio pélvico, além da presença de dor. A dor proporciona novas adaptações (postura antálgica) e uma seqüência de “deformações” envolvendo também a cabeça e os membros superiores, ou seja, uma desorganização postural geral (Souchard & Ollier, 2001), havendo sobrecarga de alguns grupos musculares em detrimento de outros. Nesse sentido, fica evidente a importância da intervenção corretiva, que deve estar baseada na reorganização das atitudes posturais anormais por meio do reequilíbrio muscular, recuperando-se o comprimento e a flexibilidade musculares.

Informações aferentes anormais levam à diminuição da excitabilidade dos motoneurônios alfa e gama na medula. Da mesma forma, a diminuição da ativação voluntária dos músculos da área lesada, também diminuiria a sensibilidade do fuso neuromuscular e, portanto, a acuidade proprioceptiva. Fatores que normalizem as informações aferentes, como aqueles propostos pelos métodos de reabilitação, que melhoram a sensibilidade do fuso neuromuscular, podem aumentar a ativação de tais motoneurônios, aumentando a acuidade proprioceptiva (Hurley, 1997) e facilitando as respostas motoras para o controle do movimento e postura. Daí a ênfase dada pela Fisioterapia à reeducação das respostas neuromusculares por meio de estímulos proprioceptivos, como ocorre com a utilização do método de RPG.

A integração estática, realizada ao final da sessão, tem o papel de estimular receptores táteis e proprioceptivos, provendo o sistema nervoso de informações adequadas sobre a “nova postura” obtida pelo alongamento global. A repe-

tição dessa manobra favorece a aceitação da postura reeducada. Taylor & Taylor (1988) apontam que a capacidade proprioceptiva e cinestésica é um dos principais aspectos de um programa de reabilitação, que tem por objetivos a reeducação funcional e a reprogramação neuromotora.

Conforme se observa na Figura 7, a distribuição dos picos de pressão de contato no calcâneo variou nos diferentes tempos. Apesar dessa variação, justificada pela compensação após lesão e ajuste após a intervenção, os dados estão de acordo com Cavanagh et al. (1987), que encontraram em 107 indivíduos na posição ortostática, 60,5% da pressão plantar distribuída no calcâneo, 7,8% no centro, 28,1% no antepé e 3,6% nos dedos. Neste estudo, quando se compara o pico de pressão de contato no calcâneo e antepé, bilateralmente, nota-se uma desproporção entre o calcâneo e o antepé em T1. Em T2, nota-se uma tendência ao equilíbrio para o calcâneo e para o antepé. Já em T5, observa-se uma tendência à perda do equilíbrio entre os picos de pressão.

A análise da localização do centro de força (Figura 10) mostrou uma tendência à simetria a partir de T3, lembrando que, como não houve fixação da base de apoio, analisou-se a diferença dos valores à direita e à esquerda.

Fica evidente que imediatamente após a realização de uma única sessão de RPG (T2), houve equilíbrio entre o pico de pressão de contato nos calcâneos e isso permite afirmar que houve um efeito das posturas empregadas para o reequilíbrio da distribuição das pressões de contato, o que interferiu positivamente na localização do centro de força. Observa-se, ainda, que mesmo após um mês da intervenção, sem que qualquer outra correção fosse realizada, os dados para todas as variáveis não recuperaram os valores iniciais. Verificando a Figura 8, observa-se que o pico de força no calcâneo e antepé nos diferentes tempos segue a mesma tendência do pico de pressão de contato. Ao considerar a área de contato na superfície plantar, nota-se que após a intervenção houve discreta inversão dos valores, seguida do equilíbrio, que se manteve a partir de T3 (Figura 9).

Considerando as diferentes variáveis estudadas, os resultados remetem à consideração de que o aprendizado da informação postural correta não foi completamente atingido com apenas uma sessão de intervenção. Analisando as considerações de Lundy-Ekman (2000) e Kandel et al. (2000)

sobre neuroplasticidade, os quais afirmam que o aprendizado e a memória dependem de alterações persistentes e de longa duração da força das conexões sinápticas, e considerando os resultados obtidos neste estudo, conclui-se que o número de sessões deve ser maior, para promover a adaptação do sistema nervoso e, conseqüentemente, uma resposta sustentada. Os resultados sugerem ainda que a frequência de uma intervenção semanal na prática clínica para esse tipo de alteração seria suficiente para um programa de tratamento.

## Referências

- ASAI, H, FUJIWARA, K, TACHINO, K . Limiting factor for movable range of the centre of foot pressure in the backward direction, In: TAGUCHI, K, IGARASHI, M, MORI, S (Eds.), **Vestibular and Neural Front**, Tokyo, Elsevier, p. 525-528. 1994.
- BRODY, LT, THEIN, JM. Nonoperative treatment for patellofemoral pain. **J. Orthop. Sports**, v. 28, p. 334-336, 1998.
- BURGESS, PR , PERL, ER . Cutaneous mechanoreceptors and nociceptors, In: H. AUTRUM et al. (Ed.), **Handbook of sensory Physiology**, New York, Springer-Verlag, 1974, p. 30-79.
- CAVANAGH, PR, RODGERS, MM, LIBOSHI, A. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. **Foot & Ankle**, v. 7, n. 5, p. 262-276, 1987.
- DUYSENS, J, TAX, A, NAWIJN, S, BERGER, W, PROKOP, T, ALTENMULLER, E. Gating of sensation and evoked potentials following foot stimulation during human gait. **Exp. Brain Res**. v. 105, p. 423-431, 1995.
- HURLEY, MV. The effects of joint damage on muscle function, proprioception and rehabilitation. **Man. Therapy**, v.2 n. 1, p. 11-17, 1997.
- KANDEL, ER, SCHWARTZ, JH, JESSELL, TM. **Principles of neural science**. 4<sup>th</sup> Ed., New York: McGraw-Hill, 2000.
- LUNDY-EKMAN, L. **Neurociência: Fundamentos para a reabilitação**. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2000.
- MAGNUSSON, M , ENBOM, H , JOHANSSON, R , PYYKKO, I . Significance of pressor input from the

human feet in anterior-posterior postural control. **Acta Otolaryngol.** v. 110, p.182-188, 1990a.

MAGNUSSON, M , ENBOM, H , JOHANSSON, R , WIKLUND, J . Significance of pressor input from the human feet in lateral postural control. **Acta Otolaryngol.** v. 110, p. 321-327, 1990b.

MARQUES, AP, MENDONÇA, LLF, COSSERMELLI, W. Alongamento muscular em pacientes com fibromialgia a partir de um trabalho de Reeducação Postural Global (RPG). **Rev. Bras. Reumatol.**, v. 34 n.5, p. 232-234, 1994.

OKUNO, E , FRATIN, L. **Desvendando a Física do Corpo Humano** – Biomecânica. [s.l.]: Manole, 2003.

PERRY, SD , MCILROY, WE , MAKI, BE . The role of plantar cutaneous mechanoreceptors in the control of compensatory stepping reactions evoked by unpredictable, multi-directional perturbation. **Brain Res.** v. 877 p. 401-406, 2000.

SOUCHARD, Ph. E. **O Stretching Global Ativo – A Reeducação Postural Global a Serviço do Esporte.** [s.l.]: Manole, 1996.

SOUCHARD, Ph. E , OLLIER, M. **As Escolioses:** seu tratamento fisioterapêutico e ortopédico. Ed. É Realizações, 2001.

TAYLOR, PM, TAYLOR, D. Conquering athletic injuries. **Human Kinetics**, v.8, p. 145-148, 1988.

TEODORI, RM, MORENO, MA, FIORE JUNIOR, JF, OLIVEIRA, ACS. Alongamento da musculatura inspiratória por intermédio da Reeducação Postural Global (RPG). **Rev. Bras. Fisioter.**, v. 7 n.1, p. 25-30, 2003.

VALLBO, AB , JOHANSSON, RS. Properties of cutaneous mechanoreceptors in the human hand related to touch sensation. **Hum. Neurobiol.** v.3, p. 3-14, 1984.

YANG, JF, STEIN, RB. Phase-dependent reflex reversal in human leg muscles during walking. **J. Neurophysiol.** v. 63, p.1109-1117, 1990.

WATANABE, I , OKUBO, J . The role of the plantar mechanoreceptor in equilibrium control. *Ann N.Y. Acad. Sci.* v. 374, p. 855-864, 1981.

Anexos

Figura 1: Imagem bidimensional da distribuição da pressão plantar em T1, mostrando a localização do centro de força (x).

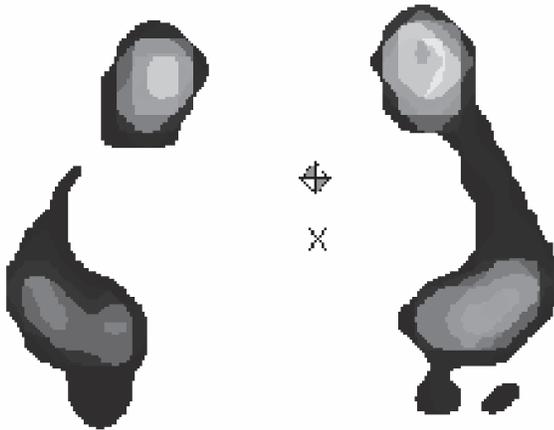


Figura 2: Imagem bidimensional da distribuição da pressão plantar em T2, mostrando a localização do centro de força (x).

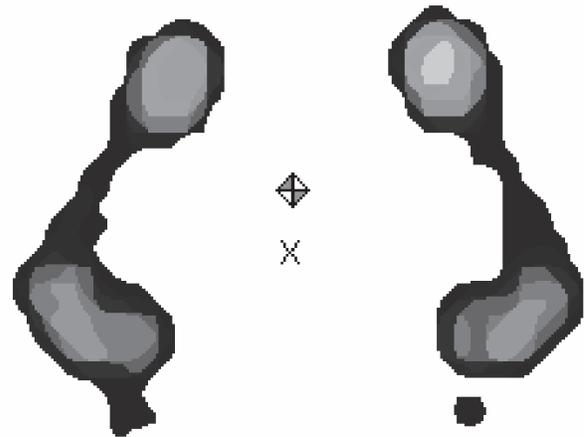


Figura 3: Imagem bidimensional da distribuição da pressão plantar em T5, mostrando a localização do centro de força (x).

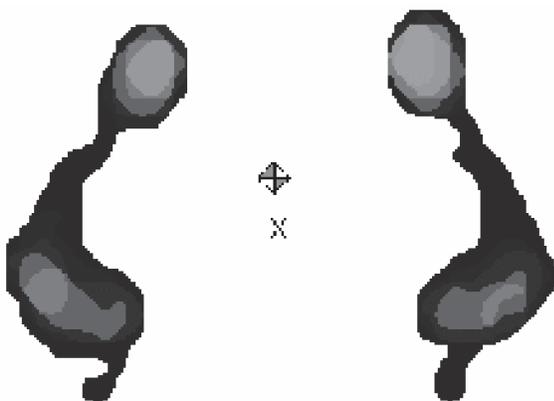


Figura 4: Imagem tridimensional da distribuição da pressão plantar em T1.

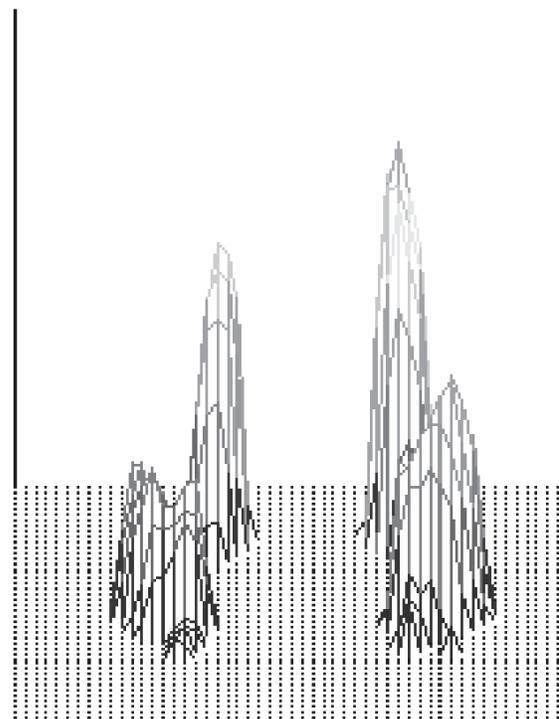


Figura 5: Imagem tridimensional da distribuição da pressão plantar em T2.

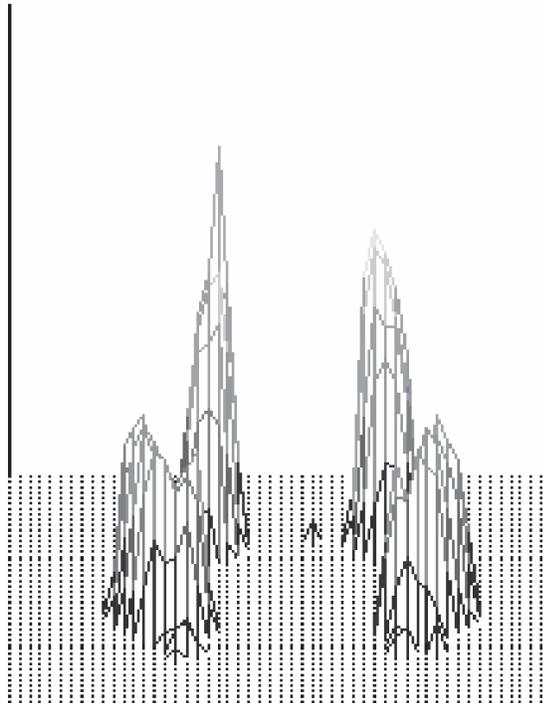


Figura 6: Imagem tridimensional da distribuição da pressão plantar em T5.

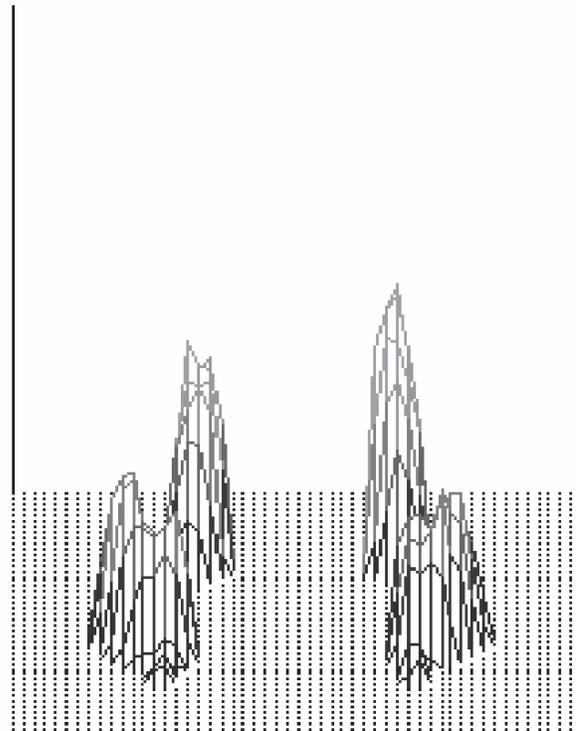
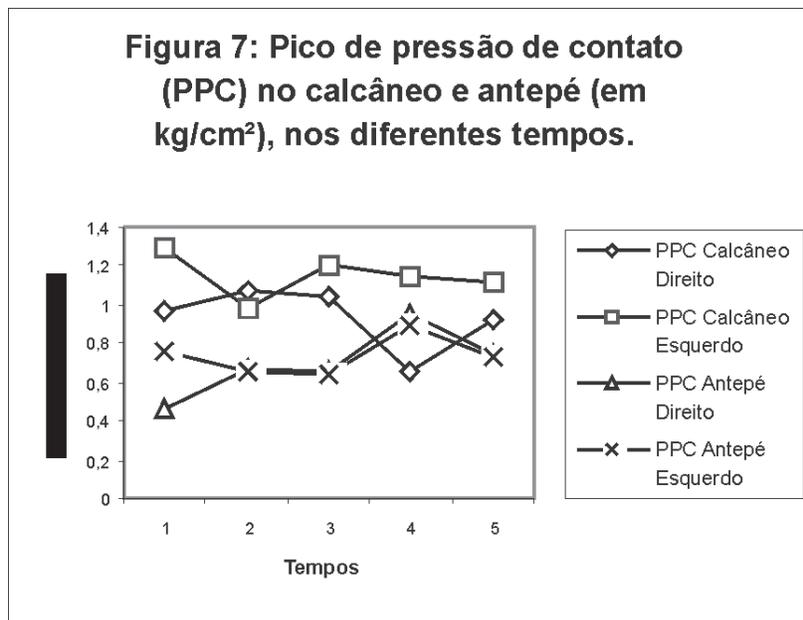
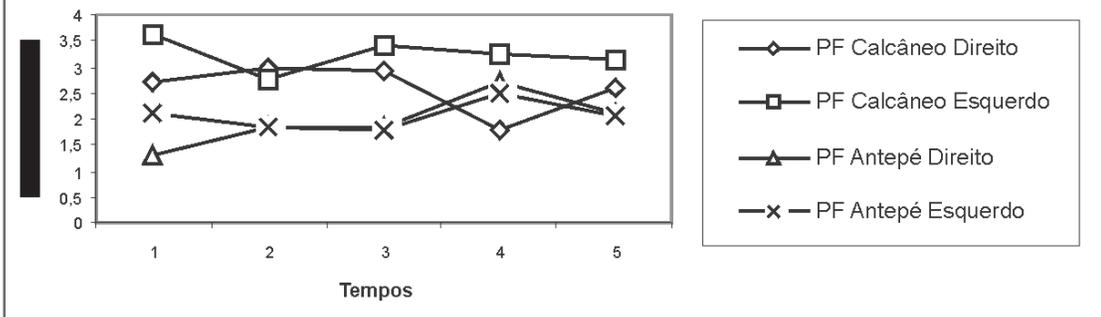


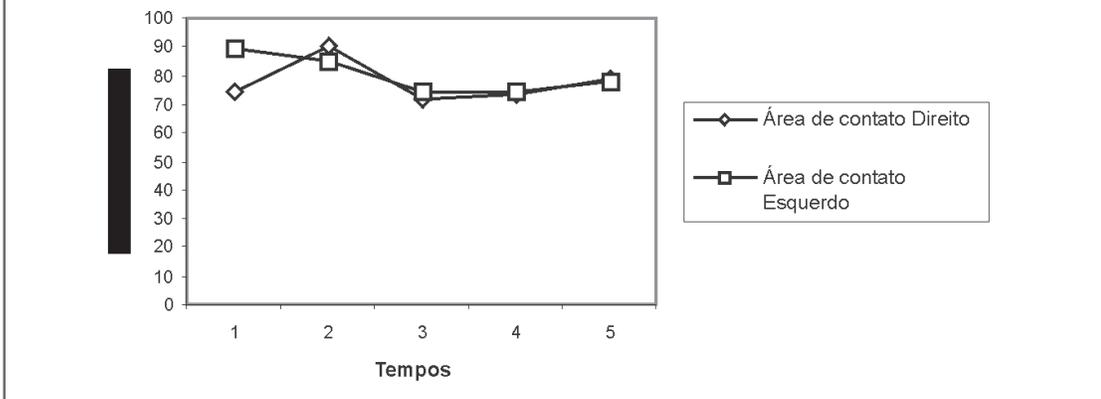
Figura 7: Pico de pressão de contato (PPC) no calcâneo e antepé (em kg/cm<sup>2</sup>), nos diferentes tempos.



**Figura 8: Pico de força (PF) no calcâneo e antepé (em kg), nos diferentes tempos.**



**Figura 9: Área de contato na superfície plantar (em cm<sup>2</sup>), nos diferentes tempos**



**Figura 10: Distância do centro de força (em cm) látero-lateral (DCFLL).**

