

# Protótipo para monitoramento da postura sentada

Vinicius Claudino

Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Joinville  
Joinville, SC, Brasil  
vinitbsc@gmail.com

Benjamin Grando Moreira

Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Joinville  
Joinville, SC, Brasil  
benjamin.grando@ufsc.br

## RESUMO

The need to use part of the house as a place of work and study has increased and, consequently, the time spent sitting at the computer has increased. Therefore, an important aspect is the position in which the person is sitting while working or studying. Incorrect postures can generate fatigue, discomfort and, in the long term, diseases such as varicose veins, herniated discs and even spinal deformities. This work consists of prototyping a device to monitor the position in which the person is sitting and to warn when the posture is incorrect. The monitoring developed is carried out in the use of the chair back and seat of the chair. Strain gage were used to monitor the distribution of load between the sides of the seat and, on the chair back, reflectance sensors monitor whether the chair back is being used properly.

## KEYWORDS

Ergonomia, Postura sentada, Célula de carga, Sensor de refletância, Raspberry

## 1 INTRODUÇÃO

O uso constante de computadores, seja como forma de entretenimento, trabalho ou estudo, pode ser um problema para o usuário uma vez que nem todos os locais são ergonomicamente corretos. Além disso, mesmo tendo acesso a uma estrutura ergonomicamente correta, manter a postura adequada durante um longo período é um aspecto que também dificulta a utilização dos computadores sem incorrer em danos ao usuário.

Os problemas provenientes de posturas incorretas são estudados há bastante tempo. Segundo [8], são vários os efeitos das posturas ergonomicamente incorretas, tendo a curto prazo a fadiga imediata, causando desconforto ao trabalhar e estudar, e com o passar do tempo pode haver formação de edemas, varizes, bursite, hérnias de disco e até mesmo uma deformação na coluna vertebral.

Os projetos de móveis para escritório, como cadeiras e mesas, devem atender à uma variedade de pessoas a partir de ajustes. As normas NBR 13962 (Móveis para escritório - Cadeiras) [12] e NBR 13965 (Móveis para escritório - Mesas) [13], da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), especificam aspectos relacionados ao projeto desses móveis. Porém para um uso eficiente desses móveis é preciso saber regular altura, postura correta e até saber se a distribuição das cargas do peso do corpo está correta.

Considerando que já existem normas técnicas que regulam o projeto de móveis e definição de posturas corretas no uso do computador, este trabalho considera a situação de monitorar o usuário durante o uso dos dispositivos, em específico, em relação à postura sentada. Entende-se que, mesmo possuindo uma cadeira adequada e ajustada corretamente para o utilizador, e que esse faça uso da postura correta, manter essa postura exige atenção constante e que pode não ser atendida durante a utilização do computador. Sendo

assim, dado o problema de estar sentado por grandes períodos de tempo, com o risco de estar em uma posição ergonomicamente incorreta, este trabalho objetiva identificar formas de monitorar a postura sentada enquanto se usa o computador para trabalhar ou estudar.

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: na Seção 2 são apresentados elementos da fundamentação teórica relacionados com a ergonomia da postura sentada e com o uso do computador; na Seção 3 são apresentados trabalho similares; na Seção 4 são apresentados os materiais e recursos de hardware e software utilizados na elaboração do protótipo; o protótipo e explicação de seu funcionamento são apresentados na Seção 5; resultados observados na utilização do protótipo são apresentados na Seção 6; Por fim, na Seção 7 são apresentadas as conclusões e sugestões que podem ser consideradas para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem, iniciando com o estudo de características do trabalho para projetar o que pode ser executado, sempre adequando o trabalho ao homem. Entre outros fatores, a análise ergonômica dos aspectos físicos inclui postura no trabalho, projeto dos postos de trabalho, distúrbios músculo-esqueléticos relacionados ao trabalho e saúde do trabalhador [6].

Com o estudo voltado para aspectos de postura sentada, nesta seção são abordados os aspectos utilizados para realizar o projeto de sensoramento de uma cadeira para análise da postura sentada.

### 2.1 Postura sentada

A postura é um hábito que, por treino, pode vir a se tornar um hábito subconsciente, podendo tanto se tornar a postura correta quanto a postura incorreta, e essas se tornarem definitivas [9].

Para [3], quando o indivíduo está na posição sentada, a distribuição de peso na estrutura do corpo muda bruscamente, sendo que a distribuição adequada de peso quando se está sentado é de 50% na base da bacia do corpo e 34% na parte posterior da coxa e os outros 16% do peso na planta do pé. Essa distribuição de peso não considera que parte do peso é distribuído no encosto.

Em [6] é indicado que os esforços inadequados por longos períodos de tempo podem provocar fortes dores nos grupos musculares utilizados para manter a postura, sendo que um assento muito baixo pode causar dor no encosto e no pescoço, assento muito alto causa dor na parte inferior das pernas, joelhos e pés e estar sentado sem encosto causa dor nos músculos extensores do dorso.

Durante a posição sentada, curvar a postura levemente para frente permite aos músculos das costas uma menor exigência de força, tornando a postura mais confortável que a ereta. Porém na posição curvada se tem uma pressão nos discos intervertebrais maior do que em uma posição ereta, sendo que o ideal é realizar um

revezamento entre a postura ereta e a levemente inclinada para frente [7].

## 2.2 Ergonomia no computador

Pessoas que se utilizam de um computador tem basicamente três pontos principais de contato com o ambiente de trabalho, mesa, cadeira e chão. Pelo menos dois destes três devem ter possibilidade de regulação para atender a necessidade de cada usuário [10].

Em relação à mesa, [10] indica que a diferença de altura entre o cotovelo e a parte superior da coxa deve ser em torno de 8,5 centímetros (cm) e a diferença de altura entre o cotovelo e a mesa ou teclado deve ser de 7,5 cm. Para [7], a distância mínima entre o assento e a parte mais baixa da mesa de trabalho deve ser de 18,5 cm, assim como sentar com os cotovelos apoiados na mesa ajuda significativamente a diminuir peso suportado pelo assento e consequentemente pela coluna vertebral.

Em relação à tela, sua correta localização é um fator importante no quesito de manter uma boa postura, pois influencia diretamente na posição da cabeça e do pescoço. Para [7], a direção do olhar pode variar em um cone de 30° em torno da linha normal de visão, sendo que, saindo dessa área de visão é necessário mexer a cabeça.

Sobre a cadeira, aspecto que é monitorado pelo protótipo apresentado neste trabalho, [1] apresenta que uma das posturas incorretas que acontecem com maior frequência é quando as pessoas se inclinam para um lado da cadeira, mudando o equilíbrio da distribuição do peso entre os lados do corpo.

A altura da cadeira deve ser ajustável na posição sentada e o intervalo de ajuste vai depender da possibilidade de ajuste da altura da mesa. Uma faixa de altura boa para cadeiras é entre 38 cm a 53,5 cm. O encosto deve ter a forma de contorno da espinha lombar e o tamanho do encosto para um melhor suporte nas costas é de 50 cm [10].

Sobre o ponto de vista de conforto, o encosto ajuda a aliviar a carga na espinha lombar e diminui a tensão dos músculos das costas, evitando consequentemente a fadiga. Quando se usa o encosto de uma cadeira, parte do peso do tronco é transferida para o encosto ao apoiar as costas, diminuindo o desgaste e a pressão nos discos intervertebrais [7].

Para este trabalho é considerado que a mesa, tela e cadeira estão regulados de forma correta, assim como o usuário iniciará o uso do computador com uma postura correta, sendo o monitoramento utilizado para garantir a manutenção da postura correta e alertando quando essa postura não é mais adequada.

## 3 TRABALHOS SIMILARES

No trabalho de [2] foi prototipada uma cadeira com oito sensores de toque, quatro deles monitorando a posição do indivíduo no assento da cadeira e o outros quatro os pontos de contato no encosto. O protótipo informa se a pessoa está encostada ou não, sem monitorar a uniformidade da distribuição do peso no assento e alertando para movimentações que a pessoa possa realizar.

Em [11] é realizada uma pesquisa com voluntários para medir a distribuição de forças no assento, encosto e no pé, em uma cadeira ergonômica com altura do assento e do encosto ajustada individualmente. Utilizando as células de carga no assento, encosto e no chão, o trabalho conseguiu medir a distribuição de peso nos pontos de

apoio e ter uma relação da distribuição de peso do assento com o encosto. O objetivo do trabalho foi fazer a medição e documentar a distribuição de peso, sem fazer o monitoramento constante da postura das pessoas.

No protótipo de monitoramento da postura sentada apresentada em [4], o objetivo foi monitorar o deslocamento do centro de pressão e as mudanças na curvatura da coluna vertebral durante o uso ao longo do dia e armazenar esses dados para análise do aumento do desconforto ao passar do tempo se mantendo na postura sentada. Na prototipagem é utilizada uma plataforma de força (2 placas rígidas com células de carga entre elas) com uma cadeira em cima e acelerômetros para medir ângulos de inclinação na colunas nas regiões torácica e lombar.

Diferente do trabalho de [2], o objetivo deste trabalho não é somente saber se a pessoa está sentada na cadeira e com as costas apoiadas no encosto dessa cadeira, e sim conseguir realizar o monitoramento online da distribuição de carga nos lados do assento e também permitir trocar de postura. Em relação ao trabalho de [11], a diferença é que o objetivo do protótipo proposto não é somente medir as cargas e angulações, mas gerar recomendações de realocação de postura. Diferente do trabalho de [4], este trabalho opta por utilizar sensores apenas na cadeira, considerando um uso facilitado da aplicação por não exigir ao usuário também posicionar sensores em si.

## 4 MATERIAIS E RECURSOS UTILIZADOS

Nesta seção são apresentadas as tecnologias utilizadas no projeto, os sensores utilizados (sensor *strain gage* e sensor de refletância), módulo de amplificação de sinal, biblioteca de programação e o dispositivo Raspberry Pi.

O Raspberry Pi é uma placa de tamanho e custo reduzido, que após o sistema operacional instalado em um cartão de memória, pode ser utilizado como computador. O Raspberry possui também portas GPIO (General Purpose Input/Output) que são portas digitais que podem ser utilizadas para obter dados via entrada digital ou também via protocolo de transferência de dados, podendo assim controlar dispositivos pelas saídas digitais da placa e por meio de protocolo de comunicação.

Sensores do tipo *strain gage* são baseados no princípio de variação de resistência do material a partir da aplicação de uma tensão mecânica. Uma das principais aplicações desses sensores é a medição da força aplicada em um material a partir da deformação [5]. Esse tipo de sensor é comumente associado com a identificação de cargas uma vez que, aplicando uma força ao sensor a estrutura sofre uma deformação, variando a resistência de acordo com a deformação, podendo essa deformação ser tanto de uma força de compressão quanto de contração [5]. Esse sensor pode ser posicionado de forma que seja possível medir a massa de um objeto pelo valor da força peso.

As células de carga podem ser consideradas resistências que sofrem variação com a deformação. Uma ponte de Wheatstone é implementada no trabalho com as células de carga. Como a variação de resistência desse sensor é pequena, para melhorar a precisão de medição é utilizado um amplificador de sinais [5]. O HX711 é um conversor analógico-digital (ADC - do inglês *Analogue to Digital Converter*) de 24 bits utilizado para aplicações que envolvem

medição de peso. O HX711 possui entradas analógicas com ganho de amplificador e faz a conversão do sinal para digital, aumentando a precisão da leitura do sinal.

O sensor de refletância funciona com dois elementos principais: um LED emissor de infravermelho e um receptor de infravermelho. Esse tipo de sensor é comumente associado com a identificação de obstáculos. Para o protótipo desenvolvido neste trabalho é utilizada uma placa e um circuito integrado comparador de sinais LM393. Após alimentado, o sensor funciona em dois estados: nível lógico alto (indicando quando está sem obstáculo próximo) e nível lógico baixo (quando encontra algum obstáculo). A distância desejada de detecção do obstáculo pode ser regulada. Para usar o dado desse sensor é necessário ler o valor da saída digital. No caso deste trabalho, o sensor é utilizado para detectar se a pessoa está ou não utilizando parte do encosto da cadeira.

## 5 PROPOTIPAGEM

A prototipagem da cadeira para monitoramento da postura envolveu duas situações para medição: a maneira como está sendo utilizado o encosto da cadeira e a distribuição correta de peso entre os dois lados do assento da cadeira.

No que diz respeito ao uso do encosto, [7] relata que o uso do encosto é importante, pois quando ele está sendo utilizado a carga nos músculos das costas é aliviada e que, assim como é importante manter a coluna ereta, também é importante realizar o revezamento entre posições. Nesse sentido, a primeira situação de monitoramento envolve a utilização do encosto da cadeira.

A segunda situação que foi considerada para realizar o monitoramento está na inclinação ou não do tronco para um dos lados da cadeira. Segundo [1], esta posição é uma das posturas incorretas que ocorrem com maior frequência. Quando se está nesta posição, algumas partes do corpo podem estar submetidas a uma carga maior do que deveria.

O projeto foi elaborado de forma que seja possível monitorar o uso do encosto e a distribuição do peso em cada lado da cadeira. Para isso é utilizada uma cadeira que permitisse acoplar os sensores de refletância no encosto e que também suportasse algum dispositivo para medir a distribuição da carga. A cadeira que foi utilizada é mostrada na Figura 1. Embora essa cadeira não seja uma cadeira ergonomicamente adequada para utilização do computador, ela atende as necessidades de avaliação do protótipo.



Figura 1: Cadeira utilizada na elaboração do protótipo

Os sensores de refletância foram fixados nos espaços livres no encosto da cadeira, enquanto para o monitoramento da distribuição de carga entre os lados do assento foi necessário elaborar uma outra estrutura para substituir o assento (a estrutura é apresentada na Subseção 5.1).

A seguir são apresentados detalhamentos sobre os protótipos e testes iniciais de funcionamento.

### 5.1 Medição da distribuição de peso

Para prototipar um dispositivo que possa ser utilizado sobre o assento da cadeira e fazer a medição de carga em ambos os lados, foi elaborada uma estrutura que somente permitisse realizar movimentação no sentido da força peso. Os desenhos do protótipo com as folhas abertas e fechadas são mostrados, respectivamente, na Figura 2 e na Figura 3. Na Figura 2 é possível identificar quatro quadrados cinzas numerados de 1 a 4, que representam as posições onde são fixados os quatro sensores de carga utilizados.

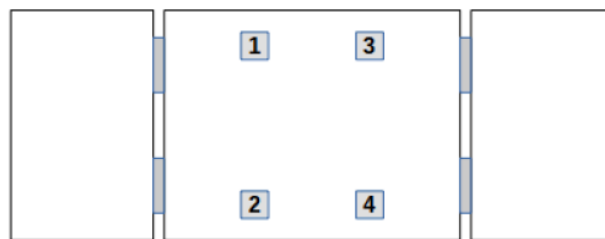


Figura 2: Estrutura dos sensores do assento - aberto



Figura 3: Estrutura dos sensores do assento - fechado

Na construção foram utilizadas três placas de fibra de média densidade (MDF), uma na base para servir de apoio inferior dos sensores e duas em cima para servir como apoio superior aos sensores e também para possibilitar que uma pessoa sente sobre o protótipo. Com intuito de prender as placas de cima com a de baixo, permitindo somente o movimento no sentido da força peso, foram utilizadas dobradiças. Para cada sensor foi feito um rebaixo de duas camadas na placa inferior de MDF, uma no contorno do anel externo do sensor para permitir o encaixe e um mais fundo com o contorno do miolo do sensor prevendo as possíveis deformações quando submetidos a uma carga.

O modelo do circuito com os quatro sensores de carga é mostrado na Figura 4. Além das células de carga, é utilizado dois módulos HX711 e, para tratar os sinais recebidos pelo HX711, é utilizado um Raspberry.

As portas utilizadas do Raspberry são o GND e a tensão de 3,3 Volts (V) para alimentação dos módulos HX711. As GPIO 5 e 6 são utilizadas para comunicação em um destes módulos, e a GPIO 20 e 21 no outro.

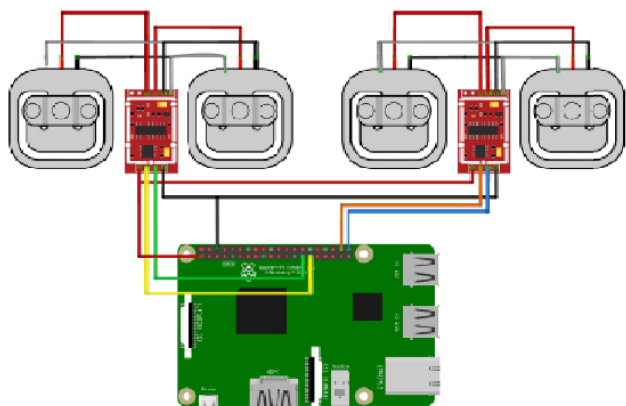


Figura 4: Modelo para os testes da célula de carga

O circuito foi montado de forma que cada módulo HX711 faz a leitura do sinal de 2 células com capacidade de 50 kg, totalizando 100 kg em cada lado da cadeira. Por ter o funcionamento baseado em resistências, a leitura das duas células é o somatório da carga delas. Um módulo faz a leitura dos sinais dos sensores de carga 1 e 2 e o outro dos sensores 3 e 4.

Para o teste do comportamento das células quando submetidas a carga, o sistema foi submetido a testes com diferentes objetos de massa conhecida. A massa dos objetos de teste eram de 5 quilogramas (kg), 8 kg, 10 kg e 16 kg.

Foi observada uma diferença da leitura dos sensores submetidos a mesma carga. Essa diferença pode ter ocorrido pelo fato de o peso não estar totalmente apoiado sobre os sensores (parte do peso está nas dobradiças e parte nos sensores). Como a aplicação é monitorar a variação da carga durante o uso, não há influência saber ou não o peso. Com isso, o resultado da avaliação dos sensores mostra que é possível analisar a variação da carga em cada lado do protótipo.

## 5.2 Utilização do encosto

Para testar o sensor de refletância, um sensor foi fixado com os LEDs da detecção rentes as barras horizontais de sustentação do encosto. O sensor é alimentado pela Raspberry e a leitura do sinal de saída é realizada pela GPIO. Com intuito de evitar possíveis erros de leitura devido a proximidade entre o apoio inferior, o sensor foi posicionado sobre uma base cilíndrica de raio 0,4 cm e altura de 0,7 cm.

O posicionamento individual dos sensores é ilustrado na Figura 5, sendo a base marrom a barra horizontal do encosto da cadeira. O posicionamento de três sensores no encosto da cadeira é mostrado da Figura 6. Na Figura 6 é possível visualizar fitas isolantes pretas, as quais foram utilizadas apenas para fixação dos sensores e organização dos cabos de sinais e alimentação.

Para ter uma referência na análise das posições, foi considerado que uma pessoa pode ficar em duas posições diferentes para manter a postura correta. Uma posição considerada correta é a postura com a coluna ereta, pois a pressão nos discos vertebrais é menor do que quando se está em uma posição curvada [7], sendo esta definida como a posição 1 (ilustrada a esquerda na Figura 7), sem inclinação

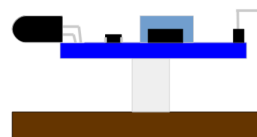


Figura 5: Posicionamento do sensor de refletância sobre o encosto da cadeira

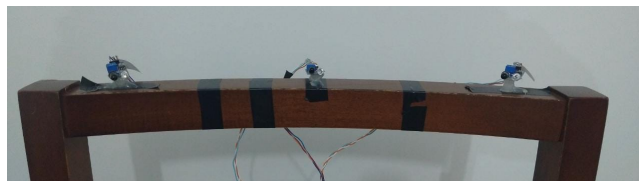


Figura 6: Fixação de 3 sensores sobre o encosto da cadeira

lateral do tronco. Quando se usa o encosto para apoiar as costas, parte do peso é transferida para este, aliviando assim a carga nos músculos das costas e evitando a fadiga [7]. Com isso, a posição 2 (ilustrada a direita na Figura 7) é quando a pessoa está com a totalidade das costas apoiada no encosto da cadeira, também sem inclinação lateral.

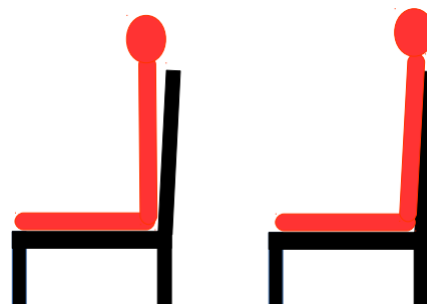


Figura 7: Vista lateral da posição 1 e da posição 2

No teste do monitoramento do uso do encosto, foram utilizados sete sensores. A distribuição dos sensores no encosto da cadeira e a numeração de cada um é mostrado na Figura 8.

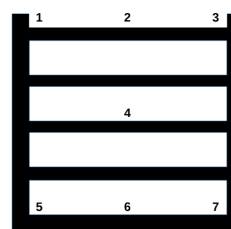


Figura 8: Vista frontal do encosto da cadeira com o os sensores de refletância posicionados

O sensor de refletância possui três pinos, sendo dois utilizados para alimentação. A referência de tensão foram as portas 3,3 Volts(V)

e GND. O terceiro pino do sensor é a saída do sinal. Por ser um sinal digital a leitura dos sinais foi feita diretamente pelas GPIO. A Figura 9 apresenta o modelo do circuito utilizado para o monitoramento do encosto.

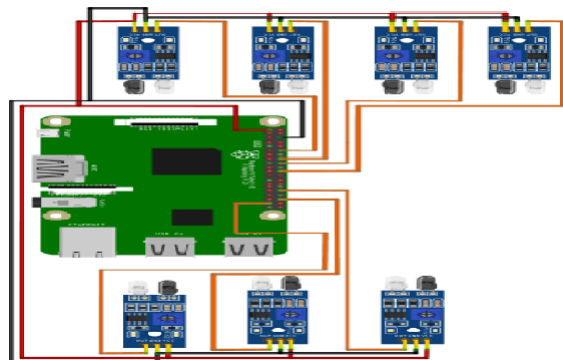


Figura 9: Modelo utilizado no teste de posição do encosto

A partir dos testes iniciais foi identificado que, com o objetivo de monitorar apenas se o encosto está sendo utilizado corretamente nas posições 1 e 2, é possível dispensar o uso dos sensores 2, 5 e 7.

### 5.3 Funcionamento do monitoramento do assento

Um das posturas incorretas que ocorrem com frequência é quando a pessoa está inclinada para um dos lados da cadeira [1]. O monitoramento da distribuição do peso entre os dois lados do assento da cadeira permite identificar se a pessoa está ou não nessa postura inclinada.

Na construção do algoritmo de controle da distribuição de carga, um diagrama de máquina de estados foi elaborado para um melhor entendimento de como deve ser o funcionamento do algoritmo. A Figura 10 mostra o diagrama e a evolução dos estados de funcionamento do monitoramento.

O algoritmo de medição de equilíbrio de carga é dividido nos estados: Sem peso, Espera, Ajuste e Monitora assento. O estado *Sem peso* é quando os sensores não detectam peso no assento da cadeira. O algoritmo entra no estado de *Espera* quando alguém senta. No estado *Espera* apenas é iniciado um temporizador e nenhuma leitura de sensores é considerada.

Após sair do estado de *Espera*, o algoritmo entra no estado *Ajuste*. Nesse estado o algoritmo detecta se os sensores de carga ainda estão sofrendo variação.

Depois de a pessoa se acomodar e a variação estar de acordo, a calibração começa, medindo a carga de cada lado e criando uma referência da diferença de peso entre os lados.

Para saber qual a variação máxima no sinal das células de carga com um objeto estático, foram analisados os dados dos testes de comportamento com um objeto de 16 kg. A porcentagem da diferença entre o maior e o menor valor de leitura para esse peso em relação a média foi de 0,135%.

No estado de *Ajuste*, é importante que a pessoa fique na posição correta, pois é quando a referência de distribuição de carga dos dois lados é calculada, assim como a variação entre as medições. O

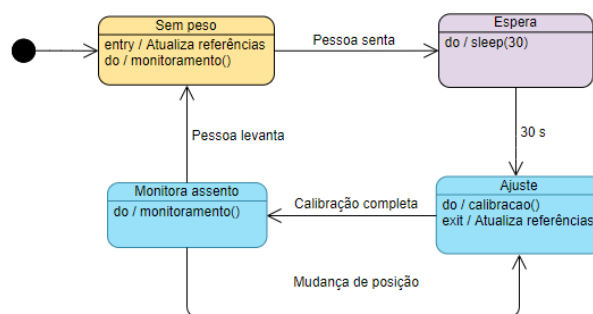


Figura 10: Diagrama de estados para o balanceamento de cargas

algoritmo também verifica se a pessoa está na posição 1 ou 2 do teste de posição do encosto e calcula a referência para a posição em que a pessoa está na hora da calibração.

No estado *Monitora assento*, a carga em cada lado do protótipo é monitorada continuamente e as leituras são comparadas com os valores de referência obtidos no estado *Ajuste*. Em caso de variação de peso por mudança de posição, o algoritmo verifica pelos sensores de refletância se a pessoa está na posição 1 ou posição 2. Para os casos de mudança da posição 1 para a posição 2 e vice-versa, uma nova calibração é feita.

Quando há um desequilíbrio entre os pesos sem mudança na posição do encosto, ou quando a posição do encosto mudou da posição correta para a incorreta, o algoritmo espera 30 segundos e realiza a leitura novamente. Em caso da persistência da divergência na medição de carga do assento, um aviso<sup>1</sup> é gerado a cada 30 segundos para corrigir a postura e o algoritmo retorna para o estado de *Ajuste*.

O estado *Monitora assento* do diagrama mostrado na Figura 10 utiliza uma função que monitora individualmente a carga dos dois lados do protótipo, que recebe por parâmetro a referência de peso de acordo com a posição que a pessoa se encontra no encosto, sendo a referência os valores recebidos no estado de *Ajuste*. Esse estado atua também com os dados obtidos pelo estado *Monitora encosto* da Figura 12. Um diagrama de atividades que ilustra o monitoramento do assento é mostrado na Figura 11.

Um fator analisado é a porcentagem do que é considerado uma variação normal de carga, estimada no teste de comportamento da célula de carga quando o protótipo está em uso. O valor encontrado foi de 1,63%, porém o valor utilizado como tolerância de variação do peso medido em relação a referência é de duas vezes esse valor, 3,26%. Ao entrar na função, uma leitura do peso é realizada e comparada com a referência recebida do estado de *Ajuste* juntamente com a porcentagem de tolerância.

Quando o peso está de acordo, a função é finalizada sem ação. Se houver divergência entre o peso e a referência, é realizada uma verificação se houve mudança no uso do encosto entre as posições corretas e, em caso positivo, a função é finalizada.

Em situações nas quais há divergência no peso e não houve mudança entre as posturas corretas, a função entra em um estado

<sup>1</sup>para o protótipo, o aviso foi apenas o acendimento de um LED

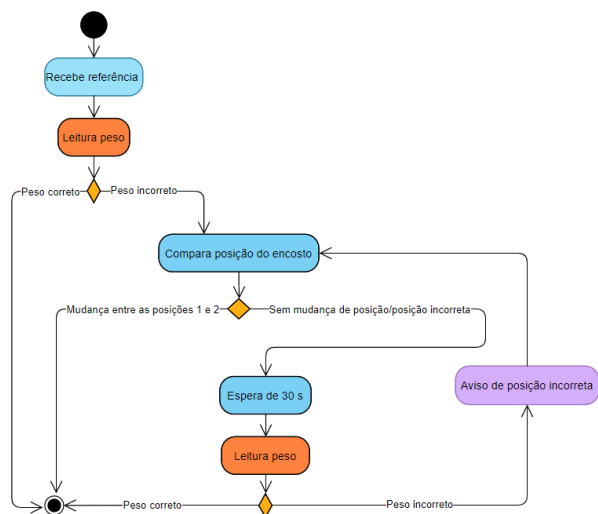


Figura 11: Diagrama de atividades do estado Monitora assento

de espera de 30 segundos. Após esse tempo, uma nova leitura de peso e posicionamento de encosto é realizada. Se o peso coincidir com a referência e sua tolerância, a função é finalizada e, em caso negativo, a função entra em um *loop* de avisos e leitura, até que o utilizador corrija sua postura no assento e/ou encosto.

Detalhando outros aspectos do estado *Ajuste*, para realizar a comparação entre o peso em que o encosto está sendo submetido e o peso considerado correto, é preciso ter um valor de referência, ou seja, é necessário ter uma faixa de valores para considerar que os valores da leitura dos sinais estabilizaram. A porcentagem da diferença entre o maior e o menor valor encontrado nos testes de comportamento da célula de carga no uso do protótipo em relação a média é de 1,63%. Foi considerada a variação entre as últimas cinco medições com valor menor que cinco vezes o valor do teste, ou seja, 8,15%. Esse valor de 8,15% foi determinado de forma empírica com base na análise de comportamento. Como os testes foram realizados por apenas uma pessoa, para estimar um valor com maior precisão para o valor de acomodação, seria necessário realizar testes com diversas pessoas e com períodos maiores de utilização do protótipo no computador, juntamente com uma forma de averiguar em qual dos períodos da medição que a pessoa se encontra na posição correta.

#### 5.4 Funcionamento do monitoramento do encosto

Para monitorar o uso do encosto apenas quando a cadeira está sendo utilizada, o algoritmo de monitoramento de uso do encosto começa o monitoramento juntamente com o estado *Ajuste* do diagrama da Figura 10. Ou seja, o evento *Pessoa senta* é a identificação feita pelos sensores de carga de que uma pessoa sentou, assim como o evento *Pessoa levanta* também é identificado pelos sensores de carga.

No algoritmo de monitoramento de distribuição de carga e no de ajuste, também é feita a análise da posição em que o encosto está sendo usado. O diagrama de estados do algoritmo de monitoramento

de uso do encosto é mostrado na Figura 12. Os estados *Sem peso* e *Espera* são os mesmos do diagrama mostrado na Figura 10.

260

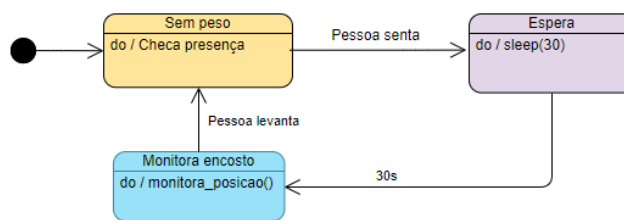


Figura 12: Diagrama de estados do algoritmo de monitoramento de encosto

Em caso de divergência entre a leitura dos sinais dos sensores com a referência, o programa espera 30 segundos com o intuito de não enviar mensagem toda vez que a pessoa precisar se reacomodar na cadeira. Caso haja persistência na posição incorreta, um aviso é emitido indicando que o protótipo não está sendo utilizado corretamente.

## 6 RESULTADOS

Para apresentação dos resultados é considerada a seguinte sequência de ações: o momento que uma pessoa senta na cadeira, o intercâmbio entre as posições 1 e 2 do encosto, a posição incorreta no encosto e a posição incorreta no assento. Por terem resultados semelhantes no quesito de variação, são mostrados os sinais de apenas um dos lados do assento, juntamente com o sinal do encosto. A Figura 13 mostra a leitura dos sensores no momento em que uma pessoa se senta no protótipo, sendo esse período de zero até 60 segundos, porém com foco no momento para análise.

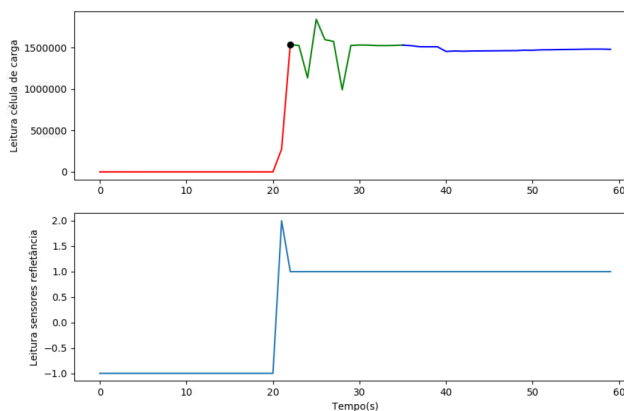


Figura 13: Sinais no momento em que uma pessoa senta

A linha em vermelho da Figura 13 mostra um momento em que o protótipo não está sendo utilizado. Quando é detectado que o utilizador sentou na cadeira (detecção realizada pelo sensor de carga), o algoritmo interrompe a interpretação dos sinais por 5 segundos (momento apontado com um ponto preto no gráfico). Em seguida, o gráfico mostra os sinais obtidos no estado de *Ajuste*.

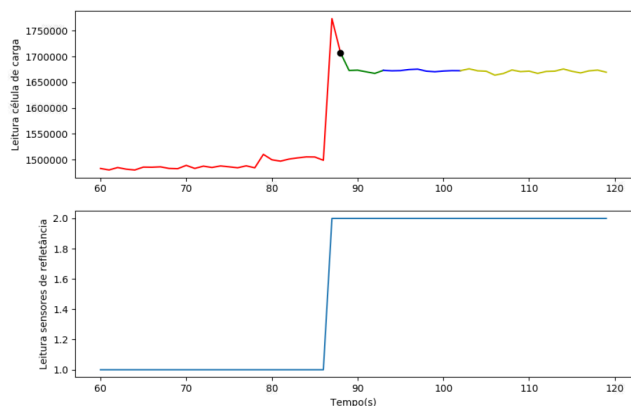


Figura 14: Sinais no momento de trocas entre posições 1 e 2

O estado de *Ajuste* é dividido em 2 momentos. O primeiro é a espera da acomodação, que é quando as últimas 5 medições não tiverem uma variação maior que 8,15% entre elas, representado no gráfico pela linha verde. No segundo momento é feita a média de 10 valores medidos para usar de referência no monitoramento do uso do encosto. Esse momento é mostrado na linha azul do primeiro gráfico.

Um momento que precisa ser analisado no monitoramento é o intercâmbio entre as posições 1 e 2. Neste momento o algoritmo recalibra os valores de referência dos sensores de carga, já que há uma variação de carga no assento devido a carga no encosto. A Figura 14 mostra a leitura dos sensores no momento que há uma troca entre as posições 1 e 2.

Na Figura 14, a linha em vermelho representa o momento em que a pessoa estava na posição 1 e mudou para a posição 2. O ponto preto representa o momento em que o algoritmo entra no estado de *Ajuste*. A linha verde é o momento de acomodação do estado de *Ajuste* e a linha azul quando começa a calcular a referência. Na linha amarela, o algoritmo entra no estado *Monitora assento* e está monitorando se o peso está correto de acordo com a referência calculada.

## 7 CONCLUSÕES

Este trabalho foi proposto com o objetivo de realizar o sensoriamento de uma cadeira para monitorar alguns aspectos da postura sentada de uma pessoa. O sensoriamento do protótipo foi separado em duas partes para o monitoramento: monitoramento do encosto e da distribuição de carga entre os dois lados do assento. No uso do encosto foram utilizados sensores de refletância e na distribuição do peso foram utilizadas células de carga.

Os sensores de refletância foram regulados para a mínima distância possível de detecção de presença e o posicionamento deles na cadeira foi testado para identificar se atenderia a necessidade para o monitoramento do encosto. No teste do sensoriamento do encosto foram utilizados sete sensores e duas posições consideradas corretas. Para cada posição o comportamento dos sensores de refletância foi analisado. Com isso foi criado um algoritmo e determinados parâmetros que monitoram se o encosto está sendo utilizado corretamente de acordo com as posições estabelecidas.

O teste do protótipo de monitoramento da distribuição de carga foi realizado utilizando o assento e variando posições. Com base nos sinais obtidos foi possível analisar o comportamento dos sinais quando se está em postura estática, mudanças de posição e quando uma pessoa senta. Com base no estudo do comportamento dos sinais foi elaborado um algoritmo que realiza a calibração, coletando valores de referência e um algoritmo de monitoramento da distribuição do assento, que verifica se a carga dos dois lados do assento está correta.

No uso do código, valores como as porcentagens de tolerância dos algoritmos de calibração e monitoramento e o valor dos tempos de acomodação são retirados de um arquivo de configuração com as métricas para facilitar a alteração caso necessário. Estes valores foram estimados no uso do protótipo com apenas uma pessoa em um curto período de tempo e, para uma melhor definição dos valores, são necessários testes com um uso prolongado e acompanhamento de um profissional da saúde, garantindo que a pessoa está na postura correta durante os testes.

O resultado final integrando sensores e os algoritmos com o protótipo foi a avaliação de quando uma pessoa senta na cadeira, muda entre as posturas consideradas corretas e quando está em uma postura incorreta. Para estes casos o protótipo funcionou corretamente, começando a calibrar quando uma pessoa senta e em seguida monitora a distribuição de carga e a posição de uso do encosto. Recalibra os parâmetros de referência do assento quando se muda entre as posições corretas no encosto e avisa quando se mantém em uma posição incorreta por um tempo maior que a tolerância.

Uma vez que o protótipo avalia a distribuição do peso da pessoa nas laterais da cadeira, o peso do usuário não deve apresentar problemas na identificação da postura correta. A altura da pessoa influencia no posicionamento dos sensores no encosto da cadeira, sendo esperado que os sensores da parte superior estejam logo abaixo da altura dos ombros do usuário.

O protótipo é capaz de medir variações nas células de carga e se regulado, posições específicas no encosto. Foi observado que o uso dos sensores de carga poderiam analisar outras questões da ergonomia na posição sentada, como por exemplo a distribuição do peso na frente e atrás do assento, a inclinação do pescoço e o posicionamento dos braços, para saber se estão ou não apoiados.

Há também a possibilidade de eliminar o uso da dobradiça, podendo assim medir o carga exata aplicada sobre os sensores, isso envolve uma maneira de fixar as placas com algum material que não influencie na distribuição do peso. Com dados da carga exata no assento, é possível monitorar a distribuição entre a parte da frente e a parte de trás do assento, podendo uma destas partes estarem sobrecarregadas mesmo com a carga distribuída corretamente entre os dois lados. Este monitoramento de carga nas pernas pode ser complementado com o uso de células de carga nos pés, medindo se está com a carga apoiada no chão adequadamente.

Em relação ao uso de sensores de refletância, foram identificados problemas no uso em ambientes muito iluminados. Por se tratar de um sensor de presença que utiliza emissor e receptor de infravermelho, o sensor pode indicar presença detectando a radiação infravermelho, por exemplo, do sol, ao invés da radiação emitida pelo próprio sensor. Uma alternativa que pode ser avaliada para lidar com essa situação é a inclusão de cada sensor de refletância em uma estrutura tubular, limitando assim a entrada de iluminação.

A solução proposta precisa ser melhor avaliada e comparada com outras opções, como a proposta da empresa Upright<sup>2</sup>, que utiliza sensores na pessoa ao invés da cadeira, e que também possibilita o monitoramento da postura sentada.

## REFERÊNCIAS

- [1] Ralph M Barnes. 1977. *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho*. Editora Blucher.
- [2] Keven Alison dos Santos Bezerra et al. 2018. Sensoriamento de uma cadeira ergonômica para monitoramento postural. (2018).
- [3] Hudson de Araújo Couto. 1995. *Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana*. Belo Horizonte: Ergo.
- [4] Marla Souza Freitas et al. 2014. Sistema para monitoração da postura sentada utilizando plataforma de forças e acelerômetros. (2014).
- [5] Karl Hoffmann. 1989. *An introduction to measurements using strain gages*. Technical Report. Hottinger Baldwin Messtechnik Darmstadt.
- [6] Iida Itiro and B Lia. 2005. *Ergonomia: projeto e produção*. EDGARD BLUCHER.
- [7] Karl HE Kroemer and Etienne Grandjean. 2005. *Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem*. Bookman Editora.
- [8] Antoine Laville. 1977. *Ergonomia*. Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo.
- [9] Antônio Renato Pereira Moro et al. 2000. Análise biomecânica da postura sentada. (2000).
- [10] Stephen Pheasant and Christine M Haslegrave. 2005. *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work*. CRC press.
- [11] Fernanda de Lima Resende et al. 2006. Análise da distribuição de cargas e das forças entre assento e encosto, na postura sentada adequada. (2006).
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2012. *NBR 13966: Móveis para escritório - mesas - classificação e características físicas dimensionais requisitos e métodos de ensaio*. Technical Report.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2018. *NBR 13962: Móveis para escritório - cadeiras - requisitos e métodos de ensaio*. Technical Report.

<sup>2</sup>Site: <https://www.uprightpose.com>