



Instituto Politécnico
de Castelo Branco

Instituto Politécnico de Castelo Branco

Neves, João Nuno da Silva

Sensi guitar

<https://minerva.ipcb.pt/handle/123456789/3597>

Metadados

Data de Publicação	2020
Editor	IPCB. ESART
Tipo	report
Revisão de Pares	Não
Coleções	ESART - Música - Variante de Música Eletrónica e Produção Musical

Esta página foi gerada automaticamente em 2024-04-30T14:03:45Z com
informação proveniente do Repositório



Instituto Politécnico
de Castelo Branco
Escola Superior
de Artes Aplicadas

INSTITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO
ESCOLA SUPERIOR DE ARTES APLICADAS
LICENCIATURA EM MÚSICA ELETRÓNICA
E PRODUÇÃO MUSICAL

Sensi Guitar

João Nuno da Silva Neves - 32011210

TRABALHO REALIZADO PARA A UNIDADE CURRICULAR DE:

PROJETO INDIVIDUAL II

SOB ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR:

RUI DIAS

9 DE JULHO DE 2014

Índice

Em que consiste o projeto e qual o seu interesse?	4
Introdução	5
História da Guitarra Elétrica	6
História dos Controladores MIDI	8
Sistemas de Comunicação	10
• Sensores e Potenciômetros (resistências variáveis)	10
○ Sensores de força ou pressão	10
○ Sensores de proximidade	11
○ Sensores de vibração	12
○ Acelerómetro	13
○ Potenciómetro	13
• Interruptores	14
Projetos semelhantes desenvolvidos	15
• Guitarra de Bryan May – Red Special	15
• <i>Arduino / MaxMsp Guitar</i>	15
• <i>MaxMsp, Arduino and Electric Guitar</i>	15
• <i>Guitarduino</i>	15
• <i>Arduino Guitar</i>	16
• <i>Manson MB-1</i>	16
• <i>Visionary Instruments Robocaster</i>	17
• <i>Livid Guitar Wing</i>	17
Construção e Programação do Controlador	18
• Botão <i>On/Off</i>	18
• Potenciómetro	21
• Sensor de Vibração	24
• Sensor de Pressão	26
• Acelerómetro	26
• Sensor de Proximidade	31
• Comunicação dos sensores e dos botões através de uma porta MIDI-Out	33

• Controlador Completo	35
Componentes de uma guitarra elétrica	41
• Captadores	41
• Afinadores	42
• Ponte	43
• Pestana	45
• Tensor	46
• Seletor	46
• Potenciómetros	47
• Ligação Jack	48
• Cordas	48
• Outros componentes	48
Escolha das madeiras e componentes para a construção	51
• Importância das madeiras	51
• Restantes componentes	53
Design	55
Construção	62
Montagem dos componentes da guitarra e do controlador	75
• Circuito dos captadores	75
• Circuito do controlador	76
Ergonomia	79
Perspetivas de Futuro	80
Conclusão	82
Bibliografia	84
Listagem de Anexos	87
Agradecimentos	88

Em que consiste o Projeto e qual o seu interesse?

O meu projeto consiste na construção de uma guitarra elétrica que contém um controlador MIDI. Esse controlador permitirá ao guitarrista usá-lo para programar todo um sistema e assim conseguir manipular efeitos, tanto em computador (usando instrumentos virtuais ou mesmo programando em programas como o *MaxMsp*) como em processadores áudio físicos, permite-lhe também, se assim desejar usá-lo para controlar sintetizadores.

Para além do guitarrista poder, desta forma e em situações de palco, controlar o processamento de efeitos da guitarra em qualquer zona do palco também se torna mais fácil modificar rapidamente os parâmetros do processamento e com menos perdas do que se o tivesse de fazer num potenciômetro de um pedal ou de uma pedaleira. Poderá também controlar sintetizadores, o que faz com que o guitarrista possa ter uma infinidade de instrumentos “dentro” da sua guitarra, ou melhor dizendo, que controla a partir da sua guitarra.

Com o desenvolvimento de todos os sistemas de palco (para além do som, as luzes, a imagem, etc.) um controlador MIDI poderá ser programado para controlar qualquer um destes sistemas e, até mesmo, controlar vários sistemas ao mesmo tempo, como por exemplo o guitarrista estar a controlar o feedback do *delay* que está a processar a guitarra e ao mesmo tempo a intensidade das luzes de palco.

Desta forma o guitarrista deixa de ser um mero instrumentista e passa a ter nas suas mãos não só o controlo da sua guitarra, bem como um rápido e fácil controlo do seu processamento, o controlo até mesmo de múltiplos sintetizadores e/ou também parâmetros modificáveis que tenham e, como se não bastasse, controlo até mesmo de efeitos visuais e “extra música”.

Introdução

A realização deste projeto tem como principal aspeto na sua fundamentação a tentativa de dar ao guitarrista uma maior versatilidade na sua forma de tocar, de modo a fazer com que as próprias alterações no processamento da guitarra, normalmente feitas através de pedais e/ou pedaleiras, possam ter parte integrante na composição ou na execução musical.

O facto de embutir o controlador na guitarra vem facilitar a interação do guitarrista com os seus efeitos e, sendo um controlador MIDI, o guitarrista poderá decidir que sensor usar para a tarefa que quiser, possibilitando assim também a versatilidade dos controlos sempre que assim o desejar.

Tudo isto vem possibilitar um maior controlo de todo o *setup* de um guitarrista e o facto de poder alterar parâmetros de processamento rápida e facilmente vem trazer a possibilidade de criar formas de processamento bem mais interessantes.

Para além disso o facto de funcionar através de um protocolo bastante usado no mundo da música, como é o caso do protocolo MIDI, possibilita o controlo de processadores que saibam interpretar mensagens MIDI, sintetizadores, sistemas de luzes, sistemas de vídeo, entre imensas outras coisas. A partir disto podemos facilmente concluir que o guitarrista poderá ter controlo sobre imensos aspetos durante a performance e, sabendo que cada controlo poderá ser configurado para controlar mais que um sistema, podemos perceber que estamos a “por nas mãos” do guitarrista muito mais que uma guitarra, mas sim uma infinidade de instrumentos, processadores, entre outros sistemas. O guitarrista pode assim, a partir da sua guitarra controlar o som produzido por outros músicos (processamento da bateria, por exemplo), controlar sistemas de vídeo e/ou luz.

Estando o controlador embutido na guitarra o guitarrista não perde a mobilidade (característica em guitarristas rock, etc.) e poderá controlar tudo isto em qualquer zona do palco, tendo como único limite a dimensão dos cabos ou a distância máxima de sistemas de transmissão *wireless*.

História da Guitarra Elétrica

No início do século XX foram feitas as primeiras experiências na amplificação de instrumentos de cordas. Existem patentes da década de 1910 mostram transmissores de microfone adaptados e colocados no interior de violinos e banjos com o objetivo de amplificar o seu som. Na década de 1920 foram usados microfones de carbono presos à ponte, contudo eram detetadas as vibrações provenientes da ponte no topo do instrumento, resultando assim um sinal fraco. Derivado ao facto de nos anos 20 e no início dos anos 30 terem existido tantas pessoas a fazer experiências com instrumentos elétricos, muitos são os que reclamam a invenção da guitarra, mas na realidade não existe nenhum nome a quem se atribua a invenção da mesma.

As primeiras guitarras elétricas que apareceram eram na realidade guitarras semiacústicas, pois continham uma caixa-de-ressonância (como acontece nas guitarras acústicas), mas para além disso usavam também captadores elétricos. A primeira guitarra amplificada eletricamente foi desenhada em 1931 por *George Beauchamp* (**Anexo 1 - *Frying Pan Guitar***). O protótipo foi construído por *Harry Watson*, usando um corpo de bordo e um molde em alumínio. Tudo isto se passou na *Nation Guitar Corporation*, em que *George* era gerente e *Harry* diretor da fábrica e chamaram a esta guitarra a *Frying pan* (frigideira) (Figura 1). A produção comercial desta guitarra começou no final do verão de 1932 pela mão da *Ro-Pat-In Corporation*, uma parceria entre *Beauchamp*, *Adolph Rickenbacker* e *Paul Barth* (vice-presidente da *Nation Guitar Corporation*). Em 1934 a companhia mudou de nome para *Rickenbacker Electro Stringed Instrument Company*. Algumas das primeiras marcas existentes de guitarras elétricas foram a *Dobro*, a *National*, a *Gibson*, a *Epiphone* ou a *Veja*.



Figura 1: *Frying pan*

A necessidade de amplificar as guitarras tornou-se evidente durante a era das *Big Band's* e do alargamento das orquestras, essa necessidade era evidente especialmente quando as guitarras tinham de competir com as grandes secções de metais.

Normalmente as guitarras que chamamos elétricas (e não semielétricas) são as guitarras de corpo sólido, feitas a partir de um pedaço de madeira maciço e sem espaço no seu interior, a chamada caixa-de-ressonância.

O primeiro corpo sólido com base na guitarra espanhola foi construído pela *Vivi-Tone* no final de 1934.

A primeira performance, documentada, que existe em que é usada uma guitarra elétrica foi em 1932 por *Gage Brewer*.

As primeiras gravações de guitarra elétrica que existem pertencem a músicos do estilo havaiano e datam de 1933. *Bob Dunn* introduziu a guitarra elétrica havaiana nos *Western Swing* com a sua gravação de Janeiro de 1935. *Alvino Rey* levou este instrumento para uma audiência maior num grande cenário de orquestra e mais tarde viria a desenvolver a *Pedal Steel Guitar* (Figura 2) para a *Gibson*.



Figura 2: *Pedal Steel Guitar*

A guitarra de corpo sólido funcional foi projetada e construída em 1940 por *Les Paul* a partir de uma *Epiphone* semiacústica.

Em 1945 *Richard D. Bourgerie* construiu um captador e amplificador para o guitarrista profissional *George Barnes*. *Barnes* mostrou-o a *Les Paul* e posteriormente *Les Paul* pediu a *Bourgerie* para construir um também para a sua guitarra.

História dos Controladores MIDI

No final dos anos 70, os instrumentos eletrônicos começaram a ser bastante comuns e acessíveis no Norte da América, na Europa e no Japão. Anteriormente os sintetizadores analógicos costumavam ser monofônicos e controlados através da voltagem produzida pelos seus teclados. Os fabricantes usavam essa voltagem para ligar instrumentos entre si para que um único aparelho pudesse controlar outros, mas este sistema não servia para controlar os novos sintetizadores polifônicos e digitais. Alguns fabricantes criaram sistemas que permitiam a comunicação entre equipamentos da sua marca, mas, mesmo assim, este sistema não servia, pois não permitia a comunicação entre aparelhos de marcas diferentes.

David Smith e Chet Wood, engenheiros e *designers* de sintetizadores na *Sequential Circuits*, construíram uma interface de sintetizadores universal que permitia a comunicação direta entre equipamentos de diferentes fabricantes. *David Smith* propôs este *standard* na apresentação da *Audio Engineering Society* em Novembro de 1981. Durante os anos seguintes este modelo foi discutido e modificado por representantes da *Roland*, *Yamaha*, *Korg*, *Kawai*, *Oberheim* e *Sequential Circuits* e renomeado de *Musical Instrument Digital Interface* (MIDI). O desenvolvimento da tecnologia MIDI foi anunciado ao público por *Robert Moog* em Outubro de 1982 na revista “*Keyboard Magazine*”. Em Janeiro de 1983 no *NAMM Show*, *David Smith* demonstrou a conexão entre o seu sintetizador analógico *Prophet 600* (Figura 3) e um *Roland JP-6* (Figura 4). A especificação MIDI foi publicada em Agosto de 1983.



Figura 3: Prophet 600 (Sequential Circuits)



Figura 4: JP-6 - Jupiter 6 (Roland)

A introdução do MIDI coincide com a era dos computadores pessoais e a introdução dos *samplers* e dos sintetizadores digitais.

O MIDI mudou a forma dos músicos trabalharem graças às imensas capacidades que com ele foram introduzidas. O sequenciamento fez com que utilizadores sem capacidade para escrever partituras conseguissem contruir arranjos complexos. Poucos músicos passam a conseguir reproduzir uma réplica de um número muito maior de instrumentistas, o que pode tornar muito mais barata a realização de alguns projetos, pois é possível dispensar a contratação de muitos músicos. Os músicos passam a conseguir fazer os seus projetos em casa, dispensando o aluguer de estúdios de gravação e todo o *staff*. Fazendo desta forma a pré-produção dos trabalhos os músicos podem assim reduzir os custos de gravação.

Em suma, a tecnologia MIDI, veio revolucionar por completo o mundo da música e a tecnologia com que esta é produzida.

Sistemas de comunicação

Sensores e potenciómetros (resistências variáveis)

Um sensor ou um potenciómetro na realidade não passam de resistências variáveis. Ou seja, de alguma forma controlam a quantidade de energia que passa e a quantidade que é retida, dependendo da sua forma de funcionamento.

Existem bastantes tipos de sensores, vou apresentar alguns deles, os que achei aplicáveis ao meu projeto, são eles os sensores de proximidade (ultrassónicos e de infravermelhos), força, vibração, acelerómetros e também os potenciómetros.

Sensores de força ou pressão

O valor da sua resistência muda consoante a pressão aplicada no sensor.

Estão disponíveis em várias formas e tamanhos.

Existem longos sensores de força que conseguem receber informação da posição e da pressão.

Uma folha de polímero com a película de deteção impressa em serigrafia. A película sensível é constituída por um condutor e um não condutor de partículas suspensas numa matriz. Quando é aplicada força na película as partículas tocam nos elétrodos condutores, mudando a resistência da película.

Selecionei este sensor para o meu projeto, tendo em conta as suas dimensões, o facto de ser intuitivo e prático o que torna bastante fácil para um guitarrista usar e aplicado na sua guitarra.

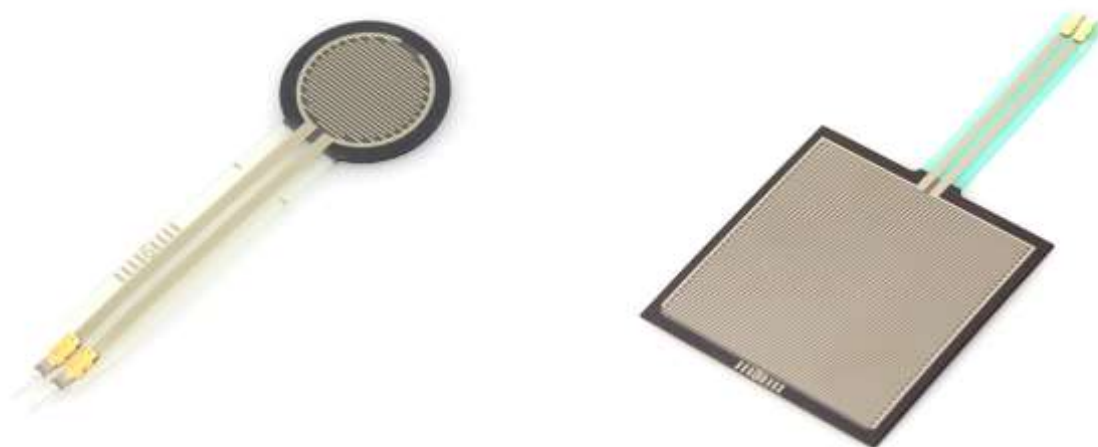


Figura 5: Sensores de força (ou pressão)

Sensores de proximidade

Vou abordar aqui dois tipos de sensores de proximidade, os mais conhecidos e usados, são eles ultrassônicos e infravermelhos.

Ultrassônicos

Os sensores ultrassônicos usam tradutores piezoelétricos para enviar e detetar ondas sonoras, ou seja, este tipo de sensores usa uma coluna e um microfone que, no caso da primeira, emite um ultrassom que é posteriormente recebido num microfone. Ambos os tradutores trabalham em frequências muito altas acima do limite máximo da audição humana (20 kHz), daí o nome de ultrassons, bem como de sensor ultrassónico.

Este tipo de sensores funciona em ambiente digital e não analógico, como normalmente funcionam os sensores, pois este sensor não é uma resistência variável, o que ele faz sim é calcular o tempo que demora, depois de emitida a frequência pela coluna, a ser recebida no microfone, usando duas portas digitais, *echo* e *trig*, sendo assim, a coluna apenas necessita de enviar o valor 1 quando emite o ultrassom, mantendo-se o restante tempo com o valor 0 e o microfone envia o valor 1 quando recebe o ultrassom, mantendo-se também o restante tempo com o valor 0, sendo calculado a diferença temporal entre o envio do valor 1 pela coluna e pelo microfone e posteriormente convertida numa medida de distância através da velocidade do som.



Figura 6: Sensor Ultrassónico

Neste tipo de sensores as conversões para determinar a distância têm de estar estipulada no código da sua programação.

Infravermelhos

Bem como o nome indica este tipo de sensores funciona através de infravermelhos, ou seja, produzem luz abaixo do espectro visível. Ou seja, na realidade estes sensores funcionam como os ultrassónicos, mas em vez de funcionarem no espectro sonoro, funcionam no espectro luminoso. Tal como nos sensores ultrassónicos existe um emissor, que emite uma luz infravermelha e um recetor que recebe essa mesma luz.



Figura 7: Sensor Infravermelhos

Nestes sensores a conversão da distância em corrente elétrica é feita no seu interior, tornando-os assim resistências variáveis e funcionando assim em ambiente analógico.



Figura 8: Funcionamento dos sensores de proximidade

No meu projeto resolvi usar deste tipo de sensores por achar interessante este tipo de interface aplicado numa guitarra e bastante prático. A sua aplicação terá de ter em conta a localização no instrumento, de forma a ser de fácil e intuitivo acesso, mas sem se tornar descontrolado. Escolhi um sensor ultrassónico tendo como única razão o facto de ser menos dispendioso.

Sensores de vibração

Não são sensores direcionais, no seu interior têm uma mola que gera o valor da resistência e altera a corrente elétrica.

Quando está na posição de descanso não altera a corrente elétrica.

As diferentes posições da mola controlam os valores que o sensor envia.

Este sensor é um dos que tenho menos informação disponível, achei interessante a sua forma de funcionamento para o meu projeto e portanto

tentei aplica-lo, necessitando de mais alguns testes para perceber se será mesmo funcional.



Figura 9: Sensor de vibração

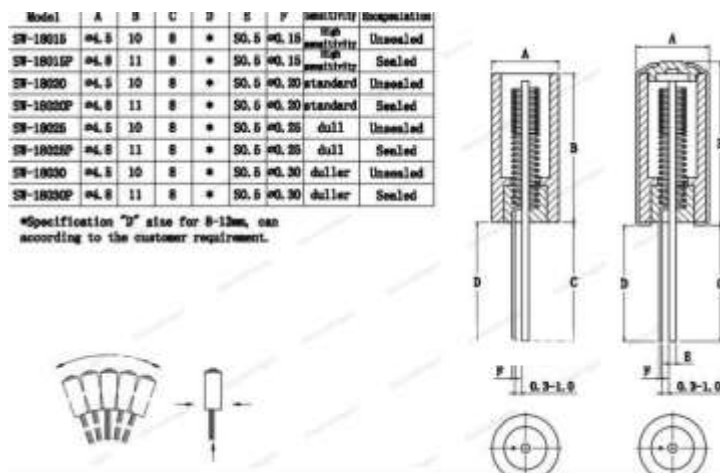


Figura 10: Esquema de funcionamento do sensor de vibração, diferentes modelos e tipos de sensibilidade

Acelerómetro

Um acelerómetro funciona através da força de aceleração num determinado eixo ou plano. Normalmente os acelerómetros ou apenas leem posições no plano horizontal (x e y) ou em 3 dimensões (x, y e z). A velocidade é calculada para cada um destes eixos gerando assim um valor para a resistência na corrente elétrica.

Este sensor é importante para o meu projeto, pois, desta forma, o guitarrista tem a capacidade de aproveitar as movimentações da guitarra nas suas mãos e convertê-las em informações para usar no seu processamento ou em qualquer tipo de elemento que interaja com as informações MIDI geradas.

No anexo (**Anexo 2 -MMA7361L**) está o manual de funcionamento do acelerómetro usado neste projeto.



Figura 11: Acelerómetro

Potenciómetro

Bastante usados em qualquer aparelho eletrónico, os potenciómetros têm como grandes vantagens o facto de serem bastante fáceis de usar, bastante fiáveis e controláveis.

Tal como no outro tipo de sensores, os potenciómetros controlam o valor de uma resistência na corrente elétrica.

Uma das melhores formas de controlar variações de valores de corrente elétrica e portanto é bastante útil para o meu projeto. A única desvantagem em relação a todos os outros sensores na guitarra é que a sua aplicação vai implicar um pensamento cuidado da sua localização, não pelo descontrolo que pode causar nas informações geradas (como é o caso do sensor de proximidade), mas na interferência com a forma normal de tocar o instrumento, visto ocupar também um espaço físico posterior à madeira.

(**Anexo 3 - Potenciometer Parts**).



Figura 12: Potenciómetro

Interruptores

Os interruptores funcionam em meio digital, pois, ao contrário dos sensores, só têm dois estados, portanto, ou enviam 0 ou enviam 1.

Existem vários tipos de interruptores, os de estado (*toggle*), com duas posições (*On/Off*), os seletores, que têm mais posições, servem para selecionar o sinal ou direcioná-lo e os chamados “*push-button*” que funcionam como os *toggle* mas precisam de estar sempre a ser pressionados para manterem uma posição diferente.



Figura 13: Interruptores

Projetos semelhantes desenvolvidos

Guitarra de Bryan May – Red Special

- <https://www.youtube.com/watch?v=ik8JCkgqW0A>
- Guitarra contruída por *Bryan May* e o seu pai, usada como guitarra principal durante toda a sua carreira, em especial como guitarrista da banda *Queen*.

A história da guitarra é curiosa, quando era jovem *Bryan May* queria uma guitarra elétrica, mas a sua família não tinha dinheiro para comprar uma então ele e o seu pai juntaram-se e construíram a célebre *Red Special*, guitarra que caracterizou o som dos *Queen*, som esse que muitas tentam mas nunca ninguém conseguiu replicar fielmente. Diz-se que esta guitarra foi feita usando um tampo antigo de uma mesa de sala para o corpo, a madeira do rebordo de uma lareira para o braço e a alavanca de tremolo era uma agulha de tricô da mãe de *Bryan*.

Arduino / MaxMSP Guitar

- <http://www.youtube.com/watch?v=xgoW0PmoF1w> (Anexo 4 - *Arduino MaxMSP Guitar*)
- Uma guitarra convencional com um controlador embutido, construído usando o *Arduino*. Em vez de serem usados potenciômetros o objetivo do criador foi usar sensores de força e de proximidade de forma a controlar os diferentes parâmetros dos efeitos. O posicionamento dos sensores foi pensado propositadamente para ser fácil e intuitivo o seu uso enquanto a guitarra é tocada, atendendo também ao efeito que cada sensor controla.

As informações provenientes dos sensores são recebidas por uma placa que as interpreta para o interior do *Arduino*. Posteriormente, no computador, o *Arduino* comunica com o *MaxMsp* através do sistema OSC e este, por sua vez, comunica com o *Ableton Live* (através do *Max4Live*) de forma a poder programar todos os plug-ins no interior do *Ableton Live*.

O objetivo deste projeto é, sem mudar a forma de tocar guitarra, quebrar algumas limitações existentes.

MaxMsp, Arduino and Electric Guitar

- <http://www.youtube.com/watch?v=o27DSxBGOWY> (Anexo 5 - *MAX_MSP, Arduino and Electric Guitar*)

- Projeto muito semelhante ao anterior. Usa também um sensor de força, um sensor de infravermelhos e dois potenciômetros.

Neste caso a placa do *Arduino* não está embutida na guitarra, apenas os sensores. É usado também um pedal seletor, que também está ligado ao *Arduino*.

Aqui, o objetivo é controlar *software* programado no *MaxMsp* que processa e manipula o som.

Gitarduino

- http://www.youtube.com/watch?v=ZdB_bCEMHb8 (**Anexo 6 - Gitarduino - Arduino_MaxMSP Guitar Mounted MIDI Control System – Rundown**)

- Semelhante também à primeira referência, tanto no uso e tipo de sensores (neste caso só usa sensores de força), bem como na forma de fazer a comunicação com o computador e de processar o som.

A comunicação é também feita usando o *MaxMsp* e o processamento usando um processador externo.

Esta implementação contém também uma série de botões que disparam sons no *Ableton Live*.

Arduino Guitar

- <http://www.youtube.com/watch?v=xkrGyFWPb5o> (**Anexo 7 - Arduino Guitar**)
- Última das referências em que é usado o *Arduino*. Nesta referência são usados acelerómetros e um ecrã tátil como interface.

A comunicação com o computador é feita sem fios usando *Bluetooth*.

Esta guitarra foi construída de raiz e, portanto, a sua construção foi pensada já com *Arduino* e sensores embutidos.

Manson MB-1

- <http://www.youtube.com/watch?v=po1ojCMBjPs> (**Anexo 8 - Manson MB-1**)
- Uma guitarra convencional com um captador (humbucker) fora do comum, o *Fernandes Sustainer* e um *killswitch*. O *Fernandes Sustainer* tem como principal característica o facto de sustentar notas infinitamente através de um sistema totalmente analógico, tem dois modos, um que apenas mantém a nota e outro (modo harmónico) que salienta os harmónicos da nota. O *killswitch* funciona como um *On/Off* para a guitarra.
- Contém também um touchscreen que funciona como controlador MIDI, tendo uma porta MIDI out na guitarra o que permite controlar qualquer sistema que reconheça mensagens MIDI. Este touchscreen foi pensado essencialmente para controlar um Kaoss Pad (sintetizador da Korg). O *Fernandes Sustainer* é muito útil para processar o som durante bastante tempo.

Visionary Instruments Robocaster

- <http://www.youtube.com/watch?v=JsJaHlh8zKo> (**Anexo 9 - Visionary Instruments Robocaster**)
- Contém uma grande quantidade de interfaces extra (comparando com uma guitarra elétrica convencional), botões, um *joystick*, potenciômetros, um sensor de pressão, *faders*, um interface táctil e acelerómetros.
- A comunicação, tal como na Manson MB-1 é feita através de uma porta Midi-out.

Livid Guitar Wing

- http://lividinstruments.com/hardware_guitarwing.php
- Um controlador MIDI que encaixa na parte de inferior do corpo da guitarra e que tem uma série de componentes que enviam sinais MIDI.
- Este controlador funciona sem necessitar de qualquer fio.

Construção e Programação do controlador

No presente capítulo serão abordados alguns circuitos elétricos para componentes utilizadas neste projeto, assim como código usado para testar cada um dos mesmos e os respectivos códigos para que cada um deles funcione como gerador de mensagens MIDI.

Na primeira parte demonstrarei cada componente como se, sozinho, se tratasse de um controlador MIDI. Posteriormente demonstrarei partes do código geral.

Botão On/Off

Comecei por montar o circuito para este botão e testá-lo usando o exemplo que ao programa do *Arduino* traz incorporado para funcionamento de um botão. Existem dois tipos destes botões, mas a sua programação é feita exatamente da mesma forma, são eles os chamados *switch* e os momentâneos, os primeiros permanecem em cada uma das duas posições e os segundos só permanecem numa das posições quando pressionados.

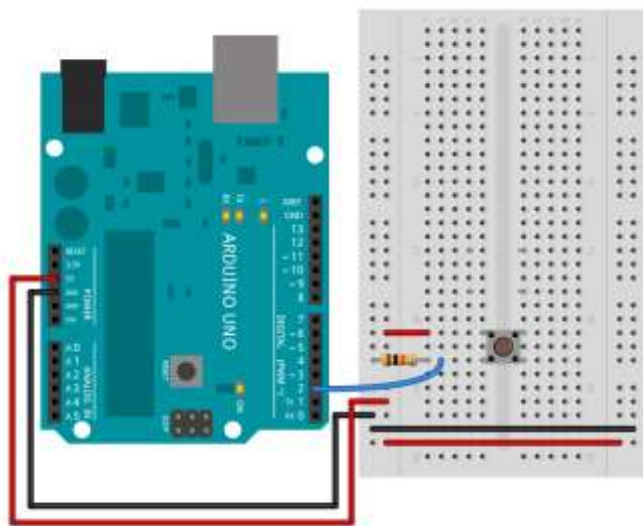
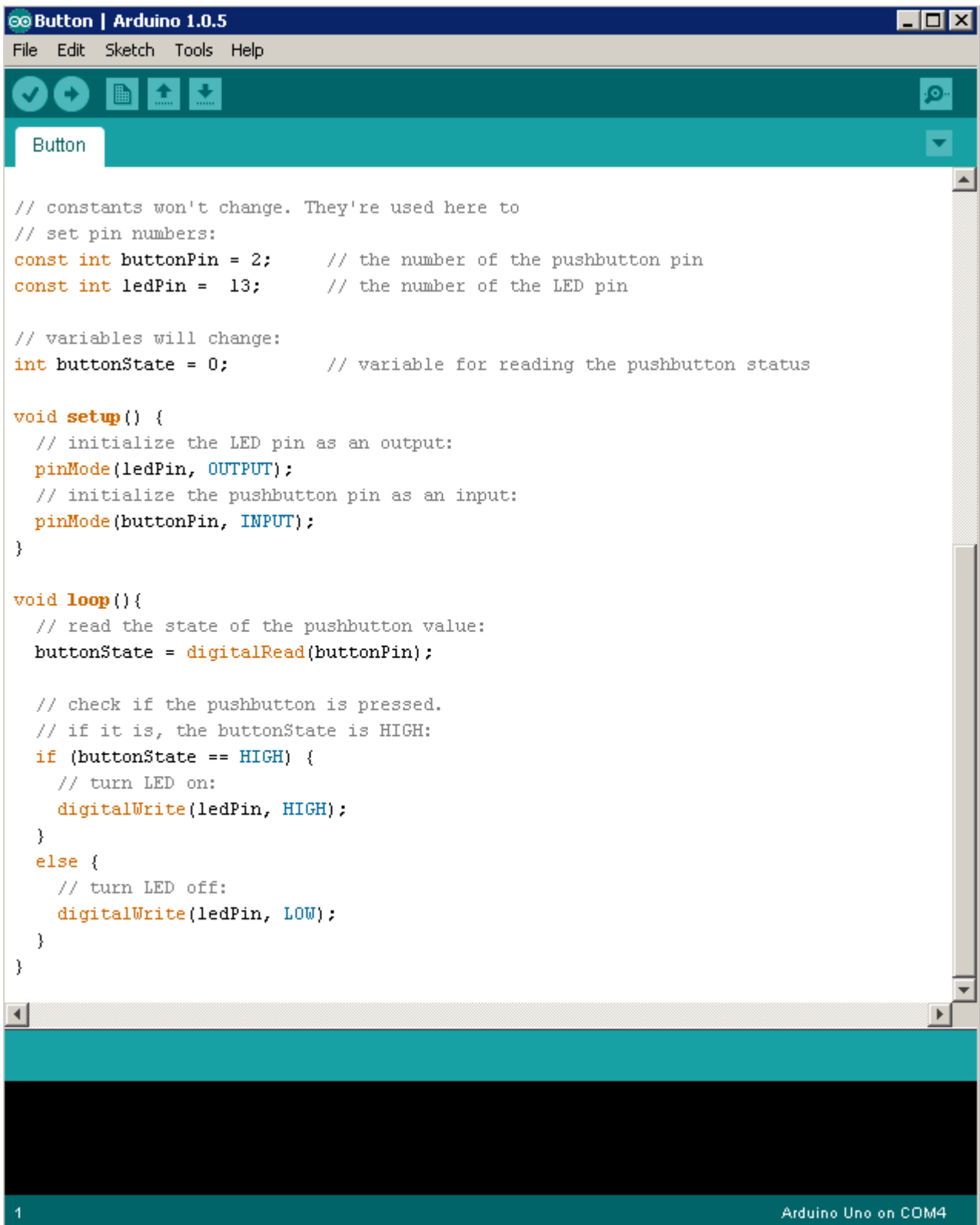


Figura 14: Exemplo de circuito de botão de estado ou momentâneo



```
// constants won't change. They're used here to
// set pin numbers:
const int buttonPin = 2;    // the number of the pushbutton pin
const int ledPin = 13;     // the number of the LED pin

// variables will change:
int buttonState = 0;       // variable for reading the pushbutton status

void setup() {
  // initialize the LED pin as an output:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  // initialize the pushbutton pin as an input:
  pinMode(buttonPin, INPUT);
}

void loop(){
  // read the state of the pushbutton value:
  buttonState = digitalRead(buttonPin);

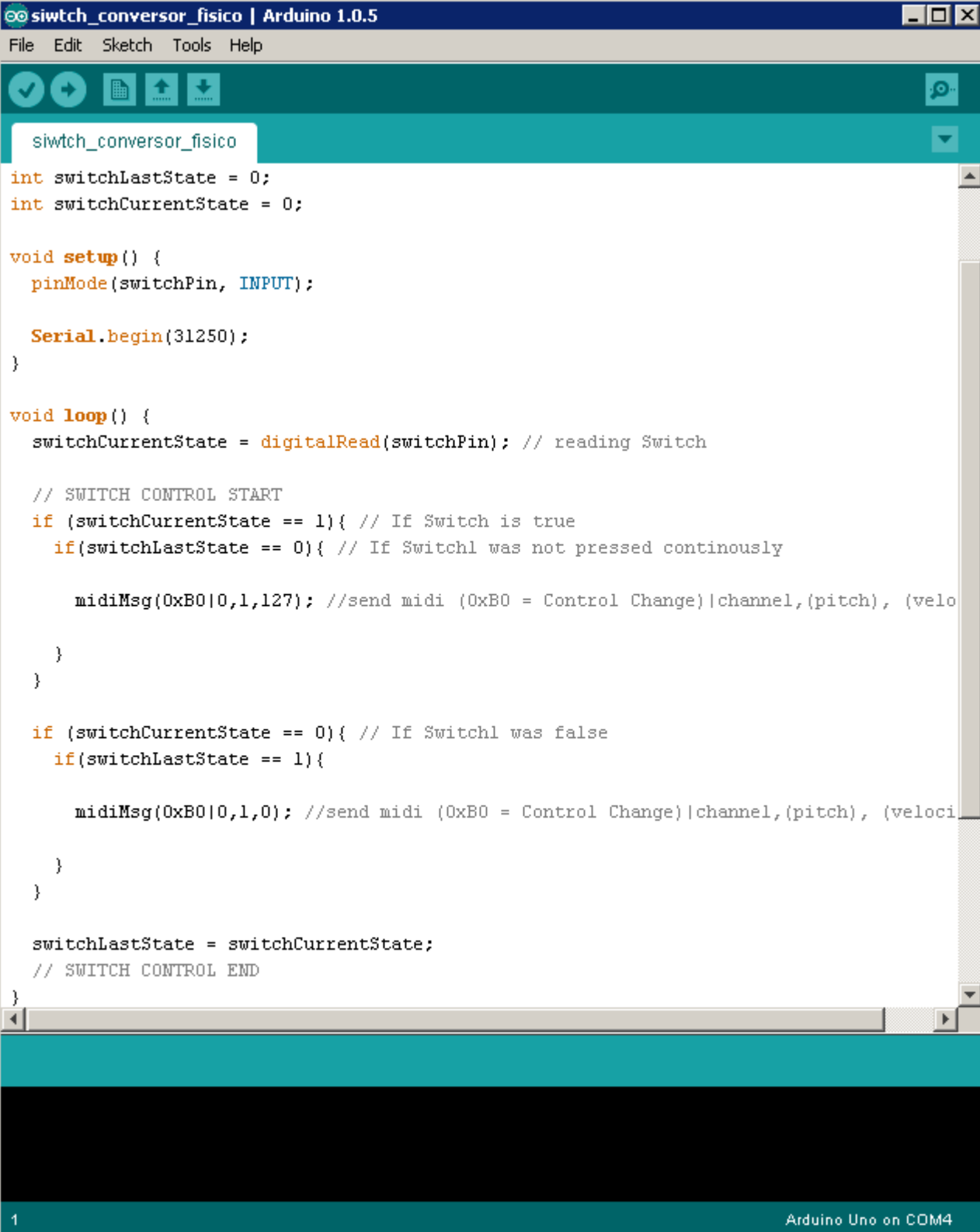
  // check if the pushbutton is pressed.
  // if it is, the buttonState is HIGH:
  if (buttonState == HIGH) {
    // turn LED on:
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
  }
  else {
    // turn LED off:
    digitalWrite(ledPin, LOW);
  }
}
```

Figura 15: Código Botão Arduino (File - Examples – 02.Digital - Button)

Neste exemplo o botão serve para ligar e desligar o led da entrada digital número 13 das placas de *Arduino*, normalmente esta entrada tem um led associado já embutido na própria placa.

Na aplicação desde código para o ambiente de um interface MIDI surge um problema, é necessário verificar qual era o estado do botão antes de ser pressionado para poder definir qual será o seu “novo” estado.

Esse problema é solucionado usando o código descrito na Figura 16.



```
siwtch_conversor_fisico | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

siwtch_conversor_fisico
int switchLastState = 0;
int switchCurrentState = 0;

void setup() {
  pinMode(switchPin, INPUT);

  Serial.begin(31250);
}

void loop() {
  switchCurrentState = digitalRead(switchPin); // reading Switch

  // SWITCH CONTROL START
  if (switchCurrentState == 1){ // If Switch is true
    if(switchLastState == 0){ // If Switch1 was not pressed continuously

      midiMsg(0xB0|0,1,127); //send midi (0xB0 = Control Change)|channel,(pitch), (velo

    }
  }

  if (switchCurrentState == 0){ // If Switch1 was false
    if(switchLastState == 1){

      midiMsg(0xB0|0,1,0); //send midi (0xB0 = Control Change)|channel,(pitch), (veloci

    }
  }

  switchLastState = switchCurrentState;
  // SWITCH CONTROL END
}

1 Arduino Uno on COM4
```

Figura 16: Código Botão MIDI

Desta forma o programa começa por verificar qual o estado atual do botão (*switchCurrentState*), se é igual a 1 ou a 0. Em seguida verifica qual foi o estado anterior do mesmo (*switchLastState*), também se era igual a 1 ou a 0. Se o estado atual for igual a 1 e o anterior tiver sido 0, o botão envia a informação para ligar, se o estado atual for 0 e o anterior tiver sido 1 o botão envia a informação para desligar.

No final desta verificação e antes de repetir o processo, o programa informa que o ultimo estado do botão passa a ser igual ao estado atual, desse ciclo (*switchLastState = switchCurrentState*), fazendo com que cada vez que o processo é repetido o estado anterior e o atual sejam sempre incrementados corretamente.

Potenciómetro

Depois de montar o circuito do potenciómetro usei o exemplo *AnalogReadSerial* que o *software* do *Arduino* traz incluído.

Visto o potenciómetro delimitar a corrente que passa este usa as entradas analógicas da placa para perceber a quantidade de corrente recebida.

O uso deste exemplo foi, também, útil para perceber qual o valor que o potenciómetro tem no máximo, este valor pode depender entre potenciómetros, para posteriormente arranjar forma de dividir esse valor em 127, de forma a ser reconhecido totalmente pela comunicação MIDI.

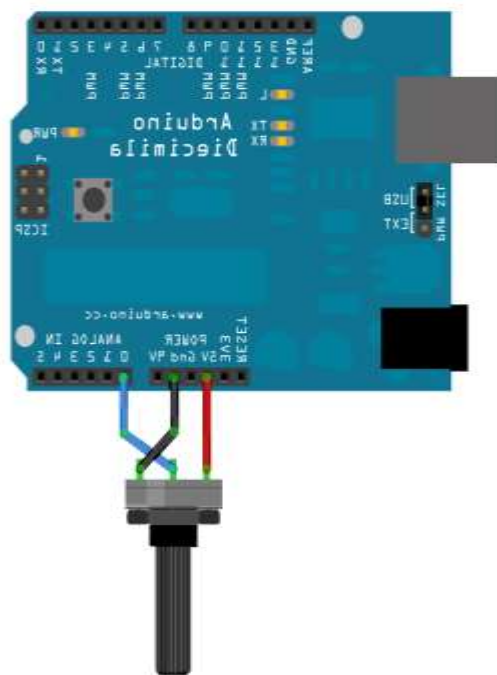
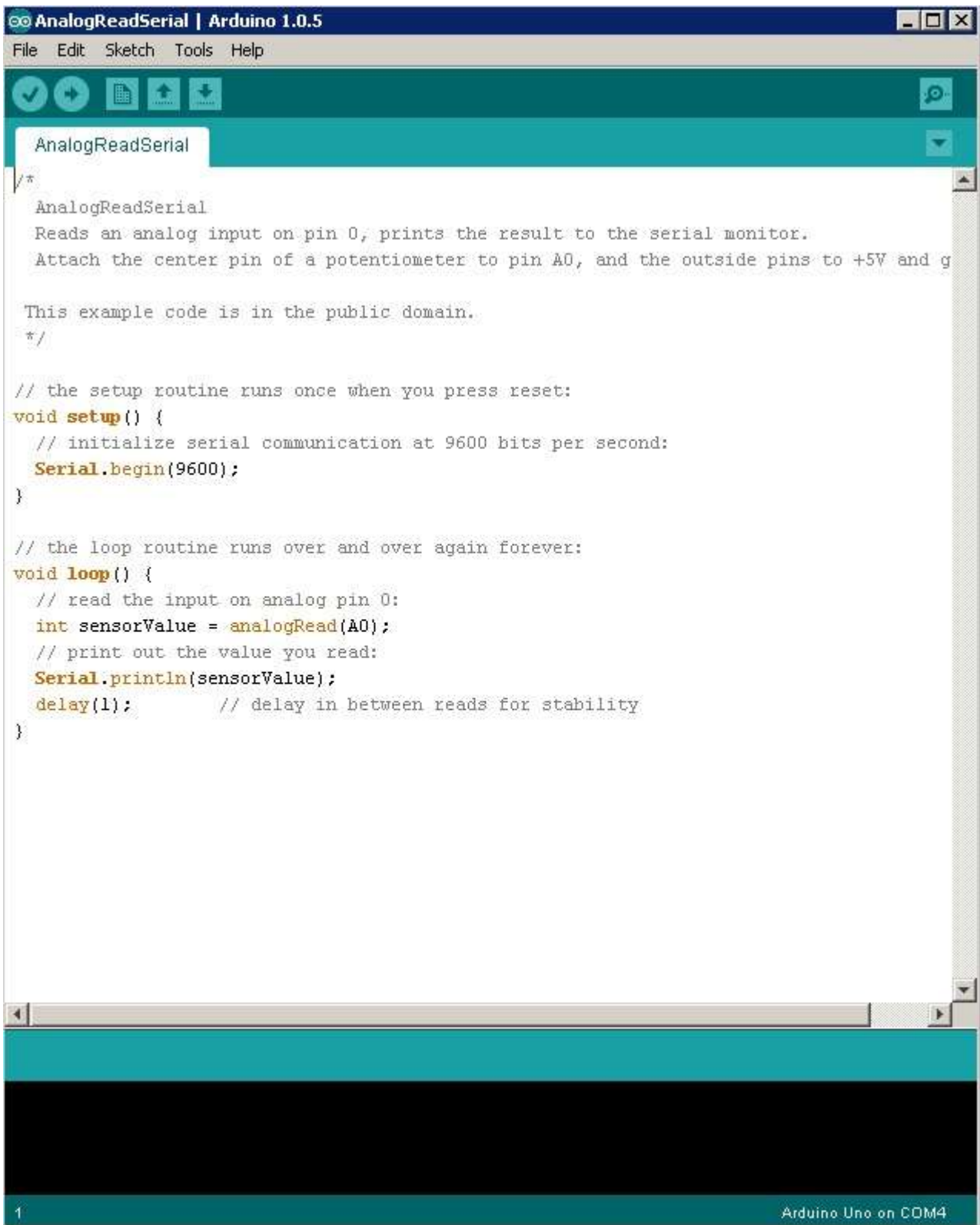


Figura 17: Exemplo de circuito elétrico possível para montar um potenciómetro

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads "AnalogReadSerial | Arduino 1.0.5". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for saving, running, and other functions. The main workspace displays the code for the "AnalogReadSerial" sketch. The code includes a multi-line comment explaining the sketch's purpose: "AnalogReadSerial Reads an analog input on pin 0, prints the result to the serial monitor. Attach the center pin of a potentiometer to pin A0, and the outside pins to +5V and ground. This example code is in the public domain." The code then defines a setup routine that initializes serial communication at 9600 bits per second, and a loop routine that reads the analog value from pin A0, prints it to the serial monitor, and delays for 1 millisecond between reads. The status bar at the bottom indicates "1" on the left and "Arduino Uno on COM4" on the right.

```
/*  
 AnalogReadSerial  
 Reads an analog input on pin 0, prints the result to the serial monitor.  
 Attach the center pin of a potentiometer to pin A0, and the outside pins to +5V and g  
  
 This example code is in the public domain.  
 */  
  
 // the setup routine runs once when you press reset:  
 void setup() {  
   // initialize serial communication at 9600 bits per second:  
   Serial.begin(9600);  
 }  
  
 // the loop routine runs over and over again forever:  
 void loop() {  
   // read the input on analog pin 0:  
   int sensorValue = analogRead(A0);  
   // print out the value you read:  
   Serial.println(sensorValue);  
   delay(1);      // delay in between reads for stability  
 }
```

Figura 18: Código para leitura de entrada analógica e envio para porta serial (File - Examples - 01.Basics - AnalogReadSerial)

Neste exemplo o valor do sensor (neste caso na entrada A0) é simplesmente lido e impresso na porta serial.

O “*delay(1);*” serve para definir a velocidade em que o ciclo é repetido, sendo neste caso de 1 em 1 milissegundos. Isto é bastante útil pois alguns componentes demoram algum tempo a processar e portanto temos que definir um tempo que os deixe realizar as suas tarefas todas.

Para que o potenciômetro possa enviar valores MIDI será necessário que o seu valor máximo seja 127 e não o valor que a leitura da entrada nos dá (muito dificilmente será de 1023).

Para podermos transformar os valores do potenciômetro numa escala que vá até 127 temos de fazer dois cálculos bastante simples. Em primeiro lugar temos que dividir o valor máximo por 127 e em seguida temos que dividir todos os valores de entrada por esse valor. Ou seja, caso o valor máximo seja 1023 (valor do ultimo potenciômetro que usei), teremos de dividir 1023 por 127, chegamos ao valor de 8.0551181102362204724409448818898 ($1023 / 127 = 8.0551181102362204724409448818898$) em seguida temos de programar o software de forma a que todos os valores que entram sejam divididos por esse, para que o valor máximo que possamos ter seja de 127 e não 1023.

Em seguida, e para que quando estivermos a usar o controlador para fazer alguma associação cada componente não esteja logo a enviar informação, o que tornava impossível a construção do controlador com vários componentes, teremos de fazer um mapeamento dos valores. No meu caso programei para que a primeira vez que é usado o controlador só reconheça valores a partir de 5, reconhecendo depois todos os valores.

Na Figura19 apresentarei o código representante das funcionalidades anteriormente descritas.



```
potenciometro_meu | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

potenciometro_meu

int potenciometerValue = 0;
int midiValue = 0;

void setup(){
  //Set Baud Rate (midi:31250,serial:9600)
  Serial.begin(31250);
}

void loop(){
  delay(10);
  potenciometerValue = analogRead(1)/8.05511811023622; //1023/127 = 8.05511811023622
  midiValue = map(potenciometerValue, 5, 127, 1, 127);
  midiMsg(0xb0|1,1,midiValue); //send midi
}
```

Figura 19: Código leitura de potenciômetro e conversões para mensagem MIDI

Como podem ver no código o valor de entrada é dividido para obter valores até 127 e posteriormente esse valor é mapeado.

Existem alguns aspetos no código que explicarei mais à frente, quando explicar a forma como as mensagens MIDI têm de ser enviadas para poderem ser corretamente interpretadas.

Sensor de vibração

O sensor de vibração foi algo difícil de montar e programar, visto em placa de testes poder não funcionar muito bem devido ao seu tipo por vezes provoca maus contactos na placa o que prejudica o seu funcionamento.

Explicado, que já foi neste relatório, o funcionamento deste tipo de sensores, em particular do que usei, a sua comunicação com a placa e os valores (no caso do que usei) são em tudo semelhantes aos do potenciómetro. Comunica também através de entrada analógica e a escala de valores vai até 1023, diferindo apenas no circuito para a sua montagem. Como tal o método para verificação dos valores e do funcionamento do sensor foi o uso do mesmo exemplo que no potenciómetro (*AnalogReadSerial*).

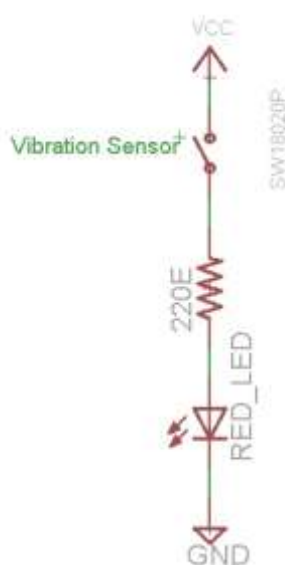
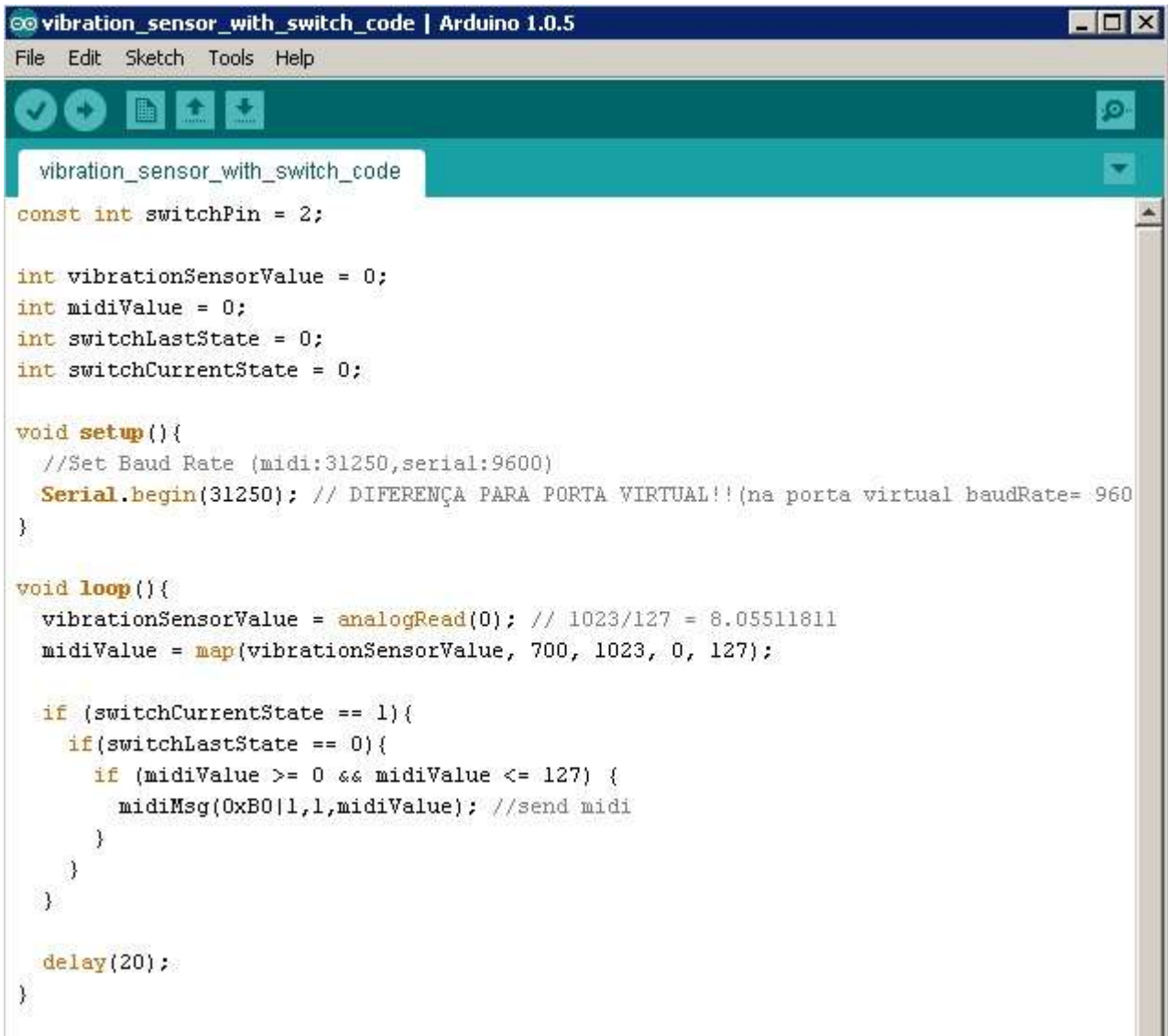


Figura 20: Exemplo de circuito elétrico para montagem do sensor de vibração

Tal como o método de testes foi igual ao do potenciómetro também a programação para poder enviar mensagens MIDI foi a mesma. Deparei-me então com um problema que podia condicionar funcionalidade e a utilização do mesmo, o facto de, uma vez associado a qualquer controlo MIDI, este sensor ficar sempre a enviar valores tornando-o instável e descontrolado.

A forma que julguei melhor para resolver este problema foi atribuir um botão a este sensor que o pudesse ligar e desligar quando necessário.

Como tal adicionei um botão na placa, funcionando da mesma forma que o botão que gera informações MIDI, mas desta vez, em vez de gerar informações MIDI, o botão ativa e desativa a recolha de informações através do sensor. A Figura 21 representa o código criado.



```
const int switchPin = 2;

int vibrationSensorValue = 0;
int midiValue = 0;
int switchLastState = 0;
int switchCurrentState = 0;

void setup(){
  //Set Baud Rate (midi:31250,serial:9600)
  Serial.begin(31250); // DIFERENÇA PARA PORTA VIRTUAL!! (na porta virtual baudRate= 9600)
}

void loop(){
  vibrationSensorValue = analogRead(0); // 1023/127 = 8.05511811
  midiValue = map(vibrationSensorValue, 700, 1023, 0, 127);

  if (switchCurrentState == 1){
    if(switchLastState == 0){
      if (midiValue >= 0 && midiValue <= 127) {
        midiMsg(0xB0|1,1,midiValue); //send midi
      }
    }
  }

  delay(20);
}
```

Figura 21: Código sensor de vibração com botão para ligar e desligar

Neste caso o mapeamento foi feito convertendo os valores entre 700 e 1023 lançados pelo sensor em valores entre 0 e 127 e posteriormente foi necessário atribuir uma condição para apenas enviar valores quando estivessem entre 0 e 127, caso esta condição não existisse o sensor iria enviar também valores negativos e / ou acima de 127. Posteriormente à programação de todo o controlador percebi que não seria necessário usar este método, visto conseguir ter valores entre 0 e 127 muito mais estáveis, programando depois como se de um potenciômetro se tratasse.

Quanto à adição de um botão que ligasse e desligasse o sensor voltei, tal como no botão MIDI, a usar a verificação do estado atual e do anterior e, depois desta verificação e caso o botão estivesse no estado de ligado, a leitura dos valores provenientes do sensor seria recebida, caso contrário não seria.

Neste caso o tempo de verificação do estado do botão e do valor do sensor é de 20 milissegundos.

Sensor de pressão

Tal como o potenciômetro e o sensor de vibração este sensor também envia valores entre 0 e 1023 e foi testado com o mesmo exemplo que os dois anteriores.

Ao contrário do sensor de vibração e em semelhança ao potenciômetro este sensor é bastante estável e fácil de interagir. Caso não seja pressionado o valor que envia é igual a 0, em caso de ser pressionado o seu valor é incrementado até a um máximo de 1023, consoante a força aplicada, sendo fácil de manusear e estável em situações de performance. Sendo assim não achei necessário o uso de um botão que o ativasse e desativasse, programando-o tal qual como se de um potenciômetro se tratasse, mesmo na programação para enviar informações MIDI.

O esquema de montagem do sensor está demonstrado na Figura 22.

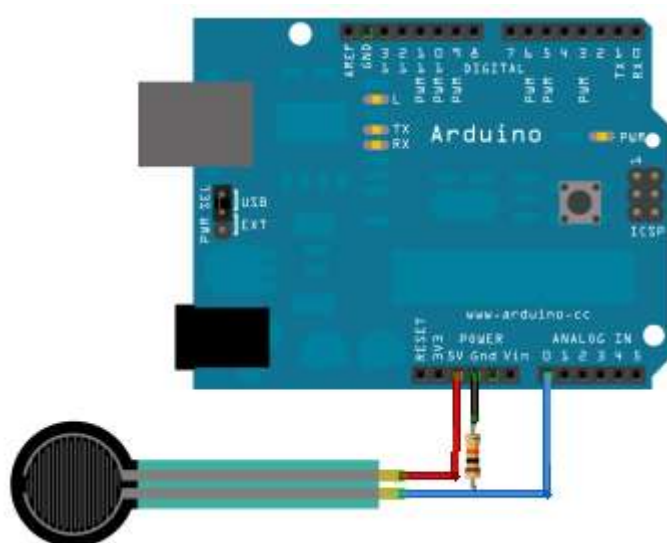


Figura 22: Circuito elétrico possível para sensores de força

Visto que para atingir o valor de 1023, que em MIDI corresponderia a 127, ser necessário exercer uma força que achei não se ajustar para ser usado por alguém que está a tocar guitarra achei por bem limitar esse valor a 650, dividindo 650 por 127 obtemos o resultado de 5.118110236220472 ($650/127 = 5.118110236220472$), dividido então os valores que davam entrada por este valor, tal como no potenciômetro e no sensor de proximidade.

Acelerómetro

No acelerómetro temos 3 componentes (x, y e z) e cada uma delas funciona como se de um sensor independente se tratasse, enviando valores consoante cada eixo. Os valores também são entre 0 e 127.

Para testar o sensor usei o mesmo exemplo, mudando o circuito de acordo com cada eixo que queria testar.

Foi um pouco difícil montar o circuito do acelerómetro, visto, e como deveremos perceber caso percebamos o funcionamento do mesmo, é bastante difícil usando placas de teste conseguir testar cada componente com estabilidade e fiabilidade.

O modelo do acelerómetro que usei tem vários componentes para além do x, y e z. Foi também necessário usar o SL (*Sleep Mode*), que serve para poupar o processamento quando o sensor não está a ser usado. Este pino foi ligado ao pino de corrente do acelerómetro, obtendo desta forma um resultado um pouco mais estável.

Tendo em conta a forma como pensei usar e o local onde tenciono colocar o acelerómetro na guitarra apenas necessitei de usar os componentes x e y.

Nas Figuras 23 e 24 seguem-se dois exemplos de montagem de circuitos elétricos para acelerómetros, não sendo nenhum completamente igual ao que usei.

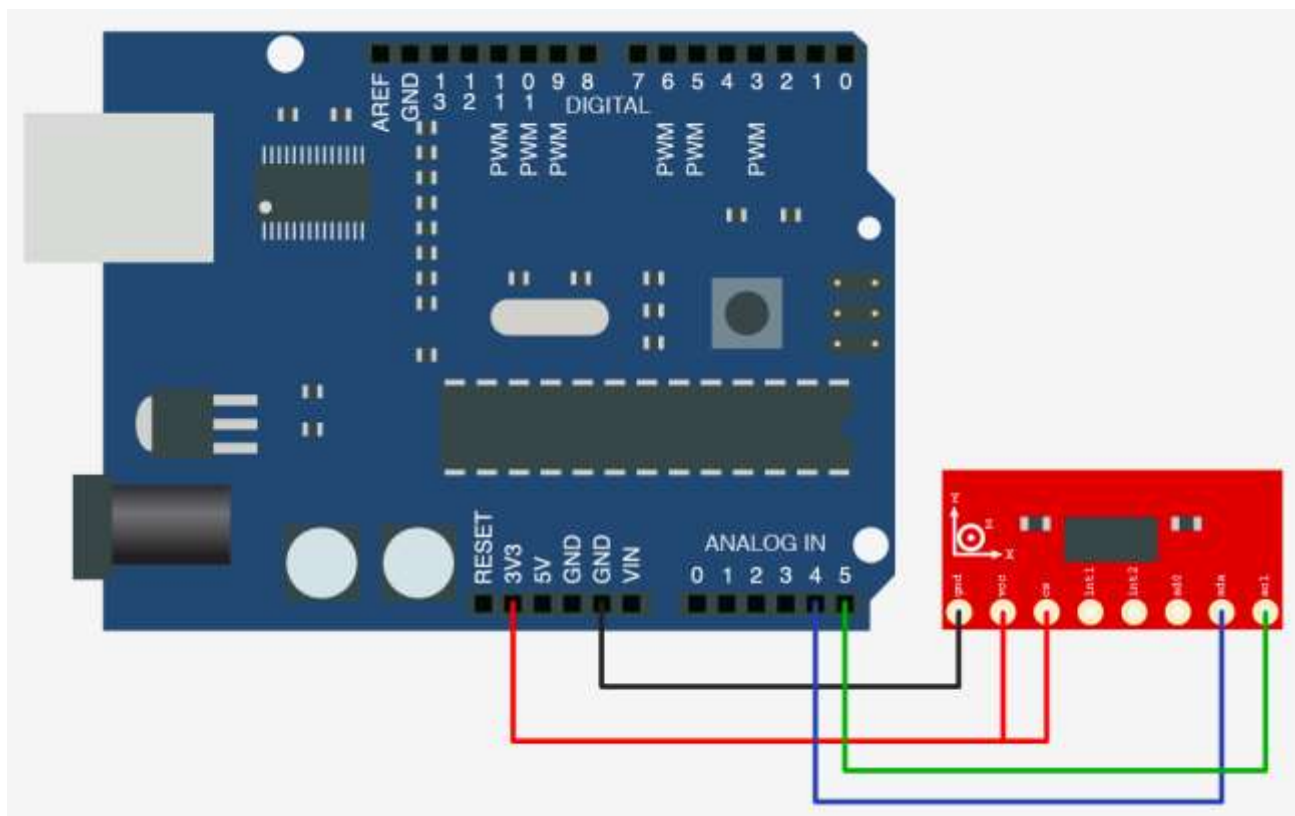


Figura 23: Exemplo de circuito elétrico para acelerómetro (usando apenas dois eixos)

(Anexo 10 - *Arduino using MMA7361 3-Axis Accelerometer*)

(Anexo 11 - *MMA7361 3 3-Axis Accelerometer Multimeters to test and brief review*)

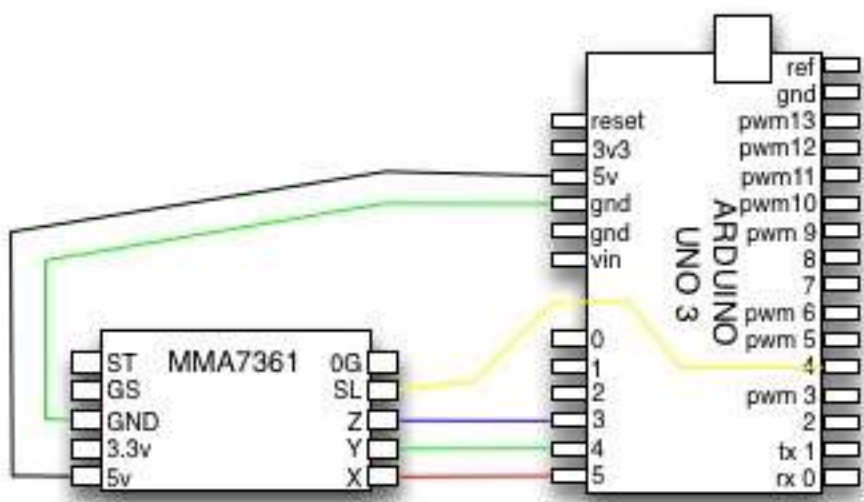


Figura 24: Exemplo de circuito elétrico para montagem de acelerómetro (acelerómetro do mesmo modelo do que usei)

Como o acelerómetro também não é muito estável no envio de valores, pois qualquer movimento que, neste caso, o guitarrista tenha, pode ser de imediato lido pelo acelerómetro, podendo torna-lo descontrolado, achei por bem adicionar nele também um botão que o ativasse e desativasse. Pensei ser melhor e mais proveitoso adicionar um botão para cada eixo individualmente e não para o acelerómetro em geral. O método usado para cada um desses botões foi idêntico ao método anteriormente explicado para o botão que ativa e desativa o sensor de vibração.

Na Figura 25 é demonstrado o código para o envio de informações em formato MIDI sem botões para ligar e desligar a recolha de cada um dos eixos e na Figura 26 o código usado com esses mesmos botões.

Em consequência da instabilidade do acelerómetro foi preciso limitar também o envio de informações por parte de cada eixo do sensor, visto sem qualquer movimento o valor do sensor não ser igual a 0. Ficou assim delimitado que no eixo x só seriam lidos valores entre 330 e 490 e no eixo y entre 360 e 490, sendo posteriormente estes valores convertidos entre 0 e 127.

Para estabilidade de todo o sistema foi necessário definir um tempo um pouco maior que nos exemplos anteriores para fazer nova leitura das informações.

Nas figuras existe um pequeno erro, pois ambos os eixos estão a enviar a informação através da mesma nota MIDI. Mais à frente, quando explicar o envio das mensagens MIDI irão perceber onde se encontra o canal MIDI.

```
acelerometer_midi_x__y_ | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

acelerometer_midi_x__y_
int xValue = 0;
int yValue = 0;

int midiValueX = 0;
int midiValueY = 0;

void setup() {
  Serial.begin(31250);
}

void loop() {

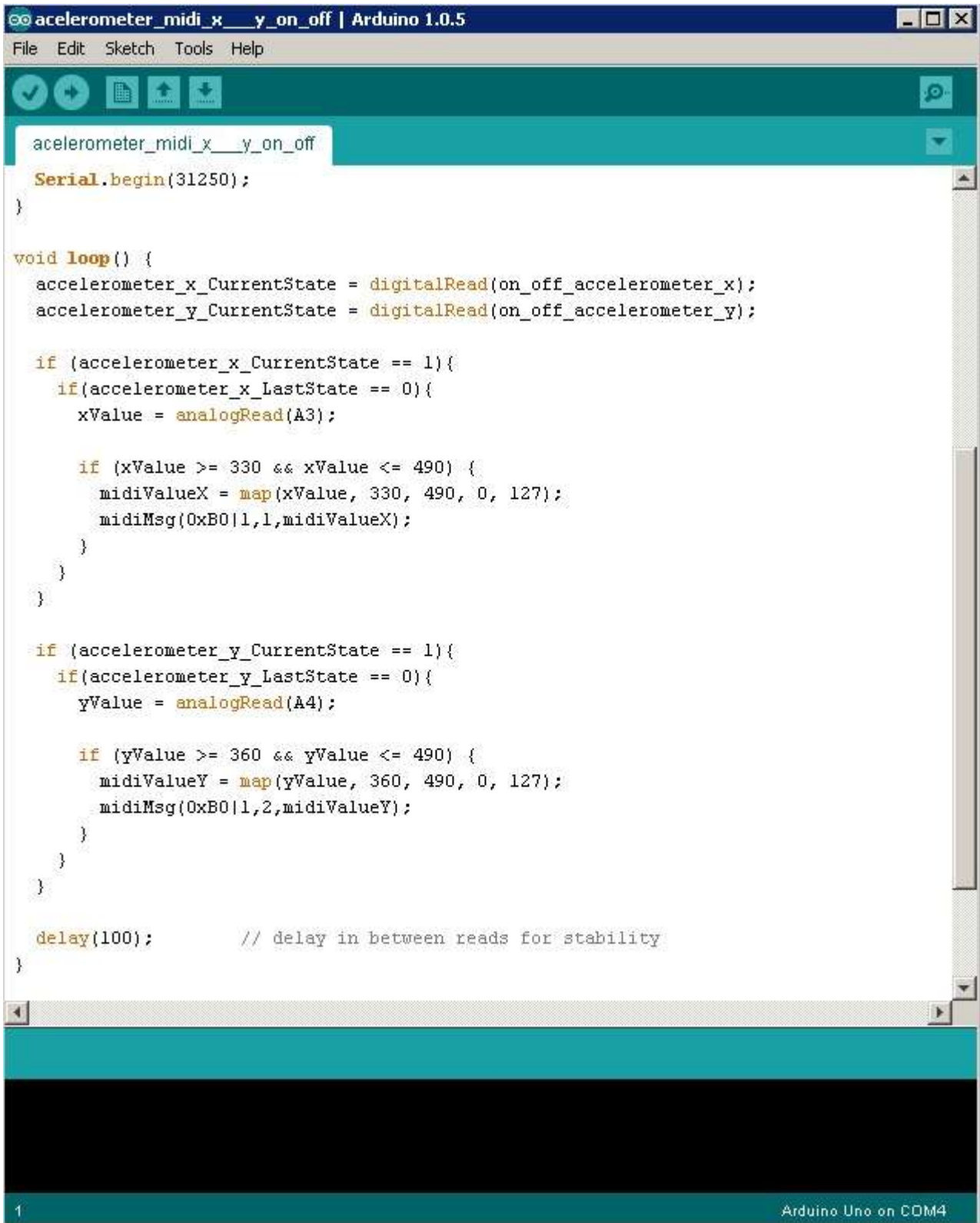
  xValue = analogRead(A3);
  yValue = analogRead(A4);

  if (xValue >= 330 && xValue <= 490) {
    midiValueX = map(xValue, 330, 490, 0, 127);
    midiMsg(0xB0|1,2,midiValueX);
  }

  if (yValue >= 360 && yValue <= 490) {
    midiValueY = map(yValue, 360, 490, 0, 127);
    midiMsg(0xB0|1,2,midiValueY);
  }

  delay(100);      // delay in between reads for stability
}
```

Figura 25: Programação para leitura dos eixos x e y



```
acelerometer_midi_x__y_on_off | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

acelerometer_midi_x__y_on_off
Serial.begin(31250);
}

void loop() {
  accelerometer_x_CurrentState = digitalRead(on_off_accelerometer_x);
  accelerometer_y_CurrentState = digitalRead(on_off_accelerometer_y);

  if (accelerometer_x_CurrentState == 1){
    if(accelerometer_x_LastState == 0){
      xValue = analogRead(A3);

      if (xValue >= 330 && xValue <= 490) {
        midiValueX = map(xValue, 330, 490, 0, 127);
        midiMsg(0xB0|1,1,midiValueX);
      }
    }
  }

  if (accelerometer_y_CurrentState == 1){
    if(accelerometer_y_LastState == 0){
      yValue = analogRead(A4);

      if (yValue >= 360 && yValue <= 490) {
        midiValueY = map(yValue, 360, 490, 0, 127);
        midiMsg(0xB0|1,2,midiValueY);
      }
    }
  }

  delay(100); // delay in between reads for stability
}

1 Arduino Uno on COM4
```

Figura 26: Programação para leitura dos eixos x e y com botões para ligar e desligar cada eixo

Sensor de proximidade

Como já expliquei anteriormente, para este trabalho o tipo de sensor de proximidade que usei foi ultrassónico.

A programação deste tipo de sensores é diferente de todos os anteriormente demonstrados e explicados, visto este sensor não ser uma resistência variável, mas funcionar através de um sistema de cálculo do tempo em que um sinal é emitido por uma coluna e recebido por um microfone e posterior conversão desse tempo em distância. Como tal, para além da energia e da terra, este sensor tem dois pinos, um denominado de *TrigPin* e o outro de *EchoPin*, correspondendo o primeiro ao microfone e o segundo à coluna. Estes pinos são ligados a entradas digitais e não analógicas, como os outros sensores.

Na Figura 27 segue a demonstração da montagem do circuito elétrico deste sensor.

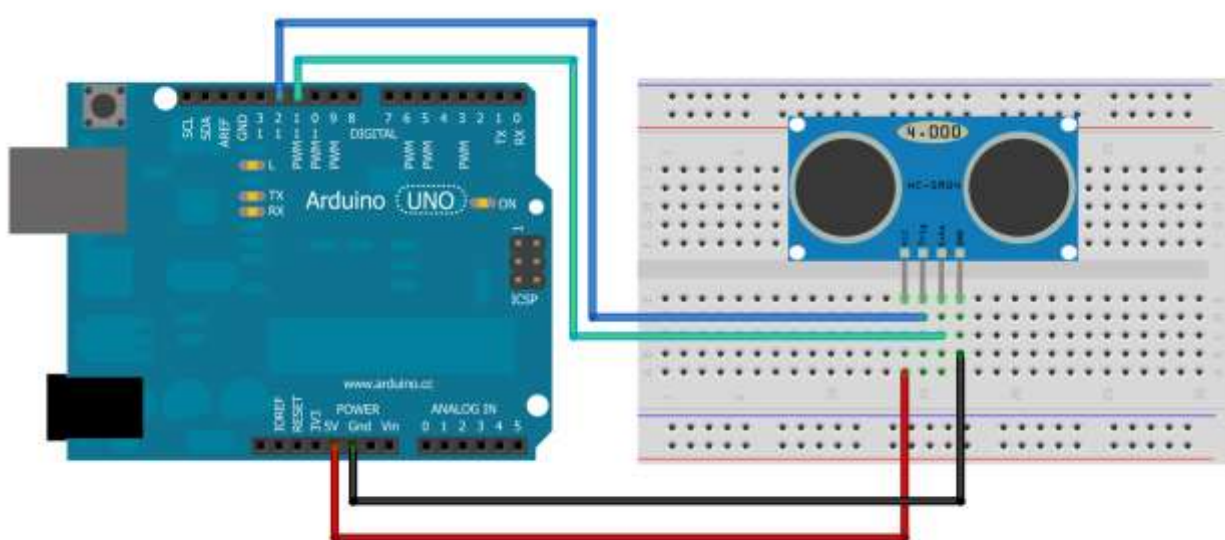


Figura 27: Circuito elétrico para montagem do sensor ultrassónico (proximidade)

Na programação deste sensor foram necessárias criar variáveis do tipo *long* para o tempo e para a distância, foi também necessária fazer, posteriormente à leitura de cada pino, a conversão do tempo para distância.

Em primeiro lugar o *TrigPin* envia a informação de desligado (*Low*), passados 2 microssegundos envia a informação de ligado (*High*) e passados 10 microssegundos volta a desligar, ou seja, tudo isto serve para emitir um ultrassom. Em seguida o *EchoPin* vai receber esse som e interpretá-lo de forma a igualar com a duração. Fora da função *loop* existe uma função que converte a duração em milímetros, através da constante da velocidade da luz.

Para o meu controlador decidi definir que o sensor só interpretaria valores entre os 10mm (1cm) e os 200mm (20cm) uma vez aplicado à guitarra não fazerem sentido distâncias maiores que 20cm, apesar do sensor ter capacidade para ler até 4 metros (no caso do que usei).

O código explicado anteriormente pode ser visto na Figura 28.


```
void loop() {  
  // The sensor is triggered by a HIGH pulse of 10 or more microseconds.  
  // Give a short LOW pulse beforehand to ensure a clean HIGH pulse:  
  pinMode(trigPin, OUTPUT);  
  digitalWrite(trigPin, LOW);  
  delayMicroseconds(2);  
  digitalWrite(trigPin, HIGH);  
  delayMicroseconds(10);  
  digitalWrite(trigPin, LOW);  
  
  // Read the signal from the sensor: a HIGH pulse whose  
  // duration is the time (in microseconds) from the sending  
  // of the ping to the reception of its echo off of an object.  
  pinMode(echoPin, INPUT);  
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);  
  
  // convert the time into a distance  
  mm = microsecondsToMilimeters(duration);  
  
  if (mm >= 10 && mm <= 200) {  
    midiValue = map(mm, 200, 10, 0, 127);  
    midiMsg(0xB0|0,1,midiValue);  
  }  
  
  delay(2);  
}  
  
long microsecondsToMilimeters (long microseconds) {  
  return microseconds / 2.9 / 2;  
}
```

Figura 28: Código usado para programar sensor ultrassónico (proximidade)

Como, depois de ativado, ou seja, depois de existir algum objeto entre 1cm e 20cm de distância do sensor, este vai passar a estar em constante envio de valores, achei importante para a funcionalidade

do controlador o uso de um botão que ligue e desligue a leitura e conseqüente envio de dados por parte deste sensor, tal como no acelerómetro e no sensor de vibração.

Como tal, usei a mesma forma que nos outros sensores, para adicionar um botão que ligasse e desligasse.

A placa está programada para ler o estado do botão e do sensor a cada 2 milissegundos.

Comunicação dos sensores e dos botões através de uma porta *MIDI-Out*

Visto o meu objetivo ser contruir um controlador que seja versátil e não funcione a penas com um computador, mas sim com qualquer plataforma que use o protocolo *MIDI* tive necessidade de usar uma porta *MIDI* e programar o controlador para comunicar dessa forma.

A porta digital número 1, numa placa *Arduino*, é predefinida para fazer a transmissão da comunicação *Serial*, tendo em conta isso usei essa mesma porta para ligar a entrada *Midi-out*.

O circuito para montar uma porta *Midi-out* está representado na Figura 29.

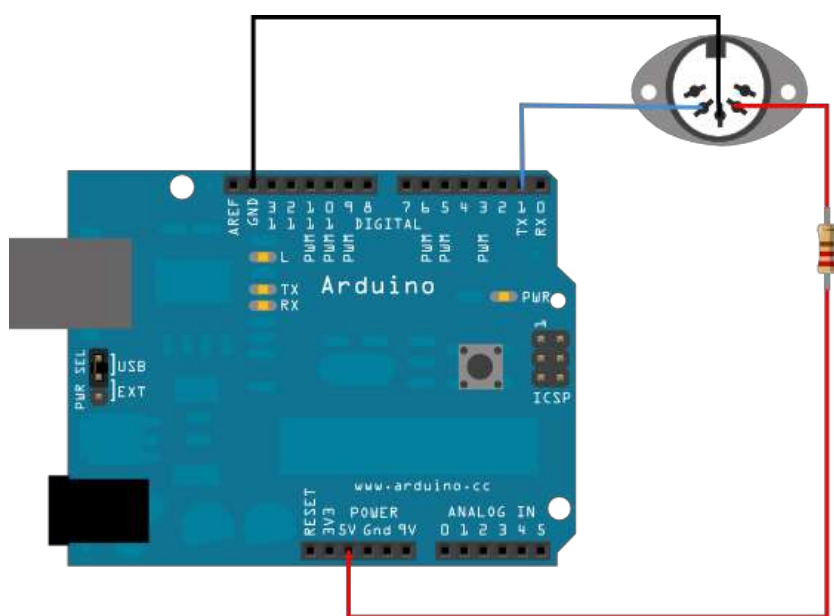


Figura 29: Circuito elétrico da porta *MIDI-Out*

Visto uma mensagem *MIDI* ser constituída por três partes, comando, *data1* e *data2*, criei uma função para o envio de mensagens *MIDI*, função essa que é chamada na função *loop* cada vez que uma mensagem é gerada. Cada uma das partes é em *bytes*.

O comando corresponde ao tipo de mensagem (**Anexo 12 - MIDI programming**), o *data1* corresponde à nota, dentro das 127 possíveis e o *data2* ao *velocity* (127 valores também). Em conjunto com o tipo de comando segue também o número do canal (16 disponíveis).

No caso de ser um sensor ou um potenciómetro os valores do sensor, depois de convertidos à escala do MIDI são enviados pelo data2. No caso deste controlador, todas as mensagens utilizam o comando de *Control Change*.

A Figura 30 mostra a função para o envio de cada mensagem MIDI.



```
potenciometro_meu | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

potenciometro_meu

int potenciometerValue = 0;
int midiValue = 0;

void setup(){
  //Set Baud Rate (midi:31250,serial:9600)
  Serial.begin(31250); // DIFERENÇA PARA PORTA VIRTUAL!!(na porta virtual baudRate= 960
}

void loop(){
  delay(10);
  potenciometerValue = analogRead(1)/8.05511811023622; //1023/127 = 8.05511811023622
  midiValue = map(potenciometerValue, 5, 127, 1, 127);
  midiMsg(0xb0|1,1,midiValue); //send midi
}

//Send general midi message
void midiMsg(byte cmd, byte data1, byte data2){
  Serial.write(cmd);
  Serial.write(data1);
  Serial.write(data2);
}
```

Figura 30: Função para envio da mensagem MIDI e método para a usar

Visto a informação MIDI ser enviada através de uma sucessão de impulsos elétricos por uma linha de 5V, transmitida 31250 vezes por segundo (31250Hz), o *Baud Rate* usado para a comunicação tem de ter esse mesmo valor, como podemos verificar na Figura 31.

```
void setup(){
  //Set Baud Rate (midi:31250,serial:9600)
  Serial.begin(31250); // DIFERENÇA PARA PORTA VIRTUAL!!(na porta virtual baudRate= 960
}
```

Figura 31: Baud Rate para comunicação através de porta MIDI-Out

Desta forma podemos fazer a comunicação através de uma porta *MIDI-Out*.

Controlador completo

(1 potenciômetro, 1 botão *On/Off*, 1 botão momentâneo, 1 sensor de força, 1 sensor de vibração com botão para ligar e desligar, 1 sensor ultrassônico de proximidade com botão para ligar e desligar, um acelerômetro com leitura do eixo x e do eixo y com botão para ligar e desligar cada um dos eixos e uma porta *MIDI Out*)

Após a fase de testar cada um dos componentes e programa-los de forma a enviarem informações MIDI passei à fase de montar o controlador completo. Comecei por montar cada circuito de cada componente numa placa de testes, tive necessidade, por causa da forma de funcionamento, de montar o acelerômetro em placas de teste à parte.

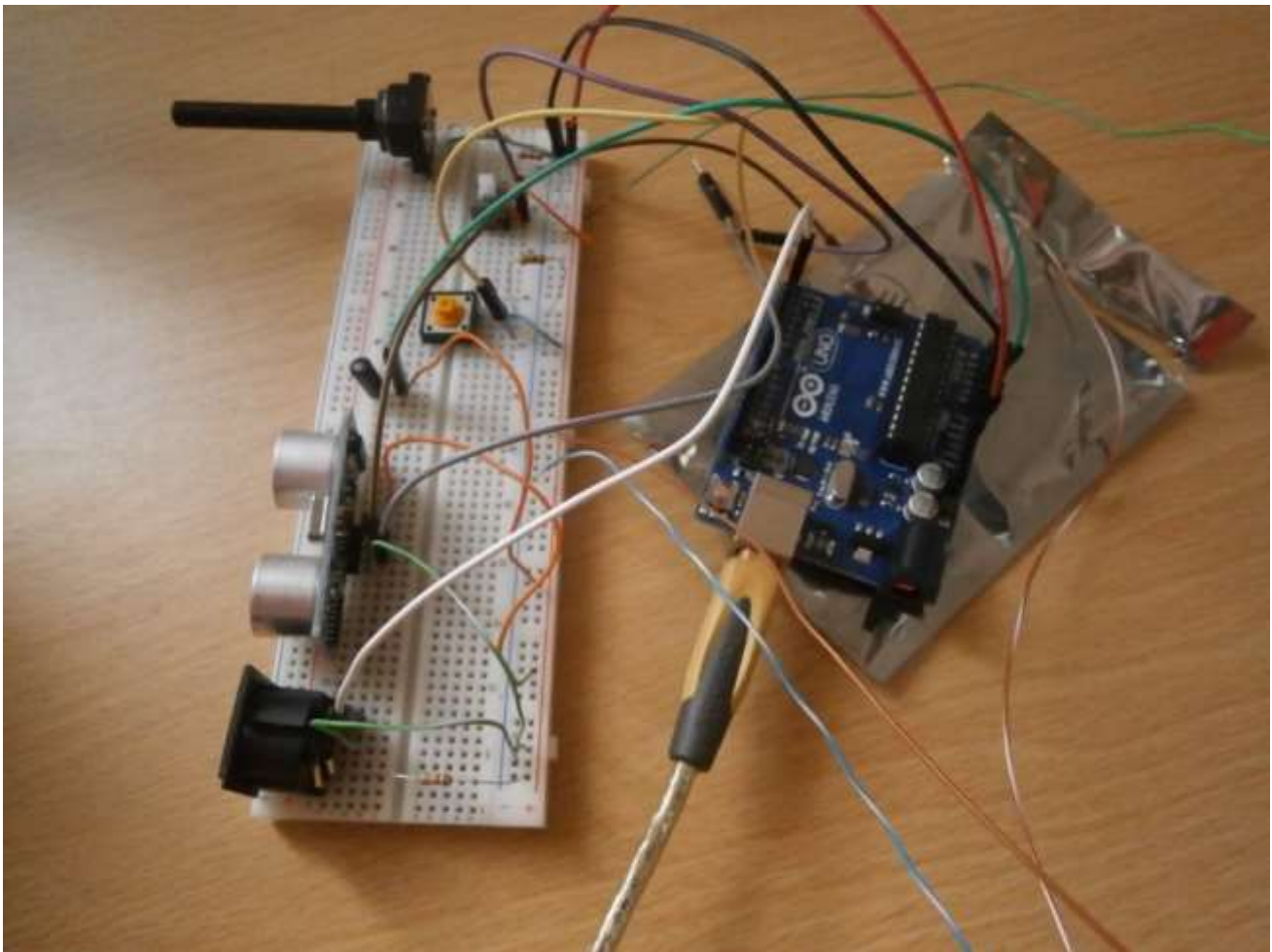


Figura 32: Montagem do controlador (apenas com potenciômetro, botão, botão momentâneo, sensor de vibração, sensor ultrassônico e porta MIDI-Out)

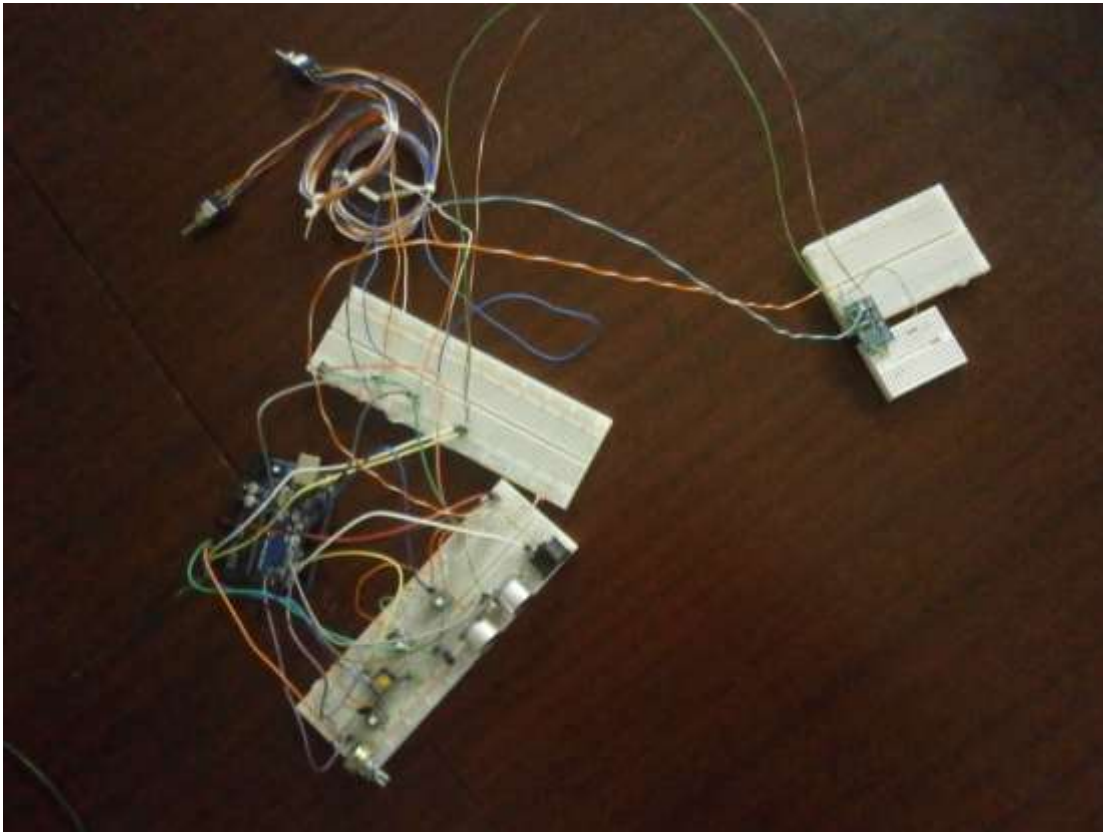


Figura 33: Montagem completa do controlador (com o circuito para acelerómetro em paralelo)



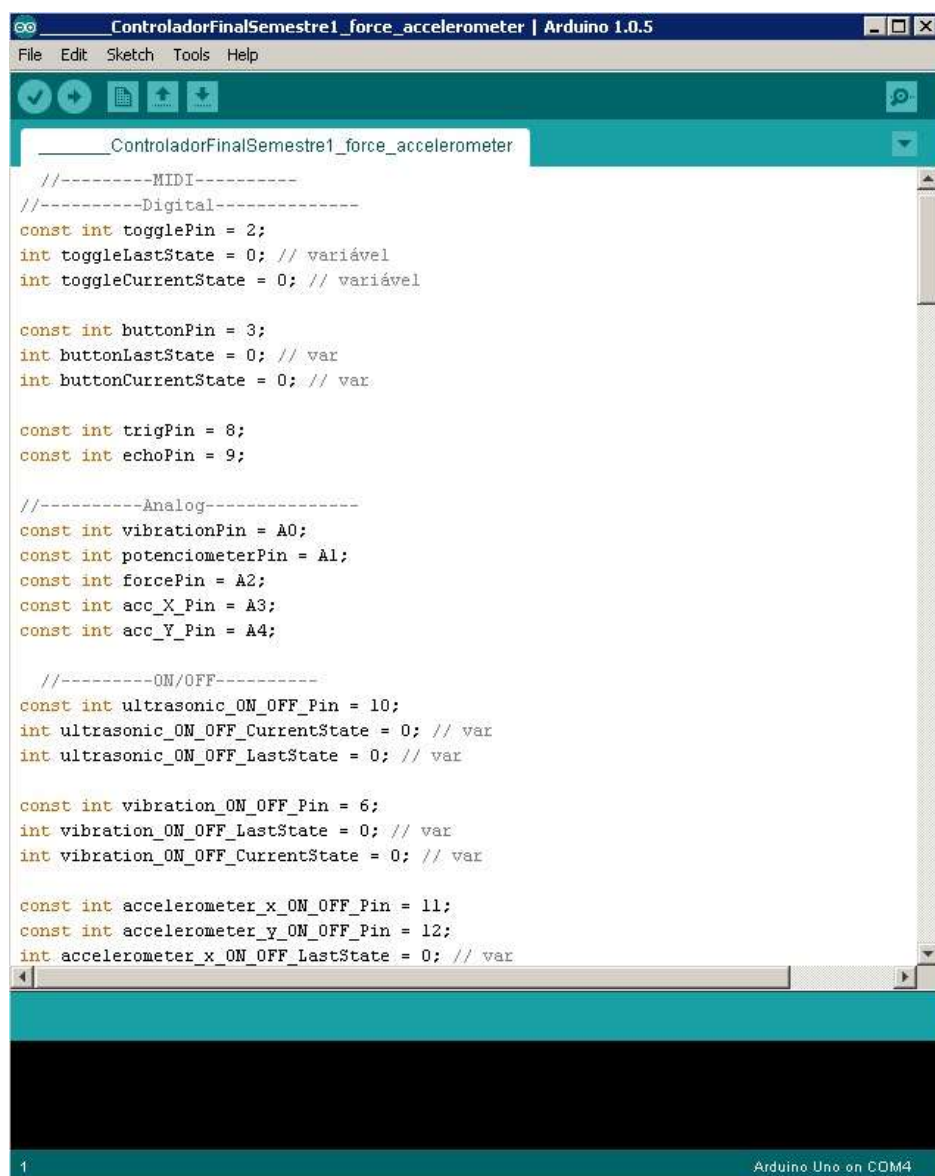
Figura 34: Placa de testes principal do controlador

Quanto à programação do controlador completo foram necessárias algumas alterações e adaptações da programação feita para cada componente individualmente.

Em primeiro lugar decidi criar uma função para cada componente, função essa que seria posteriormente “chamada” dentro da função *loop*. Quanto aos botões para ligar e desligar os sensores, onde isso era necessário, foram programados dentro da função *loop*.

Após testar e tentar de várias formas percebi que no caso dos botões MIDI com a função de ligar e desligar (*On/Off* e momentâneo) a única forma que consegui programa-los de forma a funcionarem foi incorporar toda a sua programação dentro da função *loop*.

Também na forma de enviar as mensagens MIDI tive necessidade de fazer algumas adaptações, visto cada componente ter necessidade de enviar as informações por um *pitch* diferente de forma a poderem funcionar todos em simultâneo sem interferirem uns com os outros, ou seja, o primeiro *data byte* da mensagem MIDI teve de ser diferente em cada componente que envia mensagens MIDI.



```
ControladorFinalSemestre1_force_accelerometer | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

ControladorFinalSemestre1_force_accelerometer

//-----MIDI-----
//-----Digital-----
const int togglePin = 2;
int toggleLastState = 0; // variável
int toggleCurrentState = 0; // variável

const int buttonPin = 3;
int buttonLastState = 0; // var
int buttonCurrentState = 0; // var

const int trigPin = 8;
const int echoPin = 9;

//-----Analog-----
const int vibrationPin = A0;
const int potenciometerPin = A1;
const int forcePin = A2;
const int acc_X_Pin = A3;
const int acc_Y_Pin = A4;

//-----ON/OFF-----
const int ultrasonic_ON_OFF_Pin = 10;
int ultrasonic_ON_OFF_CurrentState = 0; // var
int ultrasonic_ON_OFF_LastState = 0; // var

const int vibration_ON_OFF_Pin = 6;
int vibration_ON_OFF_LastState = 0; // var
int vibration_ON_OFF_CurrentState = 0; // var

const int accelerometer_x_ON_OFF_Pin = 11;
const int accelerometer_y_ON_OFF_Pin = 12;
int accelerometer_x_ON_OFF_LastState = 0; // var

1 Arduino Uno on COM4
```

Figura 35: Iniciação de variáveis e atribuição de pinos para cada componente

```

ControladorFinalSemestre1_force_accelerometer | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

ControladorFinalSemestre1_force_accelerometer

void loop() {

//-----TOGGLE-----
toggleCurrentState = digitalRead(togglePin); // reading Switch

if (toggleCurrentState == 1){ // If Switch is true
  if(toggleLastState == 0){ // If Switch1 was not pressed continuously

    midiMsg(0xB0|0,1,127); //send midi (0xB0 = Control Change)|channel,(pitch), (velo
  }
}

if (toggleCurrentState == 0){ // If Switch1 was false
  if(toggleLastState == 1){

    midiMsg(0xB0|0,1,0); //send midi (0xB0 = Control Change)|channel,(pitch), (veloci
  }
}

toggleLastState = toggleCurrentState;
}

```

Figura 36: Pormenor programação botão dentro da função loop

```

ControladorFinalSemestre1_force_accelerometer | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

ControladorFinalSemestre1_force_accelerometer

vibration_ON_OFF_CurrentState = digitalRead(vibration_ON_OFF_Pin);

if (vibration_ON_OFF_CurrentState == 1) {
  if (vibration_ON_OFF_LastState == 0) {
    vibrationSensor(0, 0);
  }
}

potenciometer(0, 0);
forceSensor(0, 0);

accelerometer_x_ON_OFF_CurrentState = digitalRead(accelerometer_x_ON_OFF_Pin);

if (accelerometer_x_ON_OFF_CurrentState == 1) {
  if (accelerometer_x_ON_OFF_LastState == 0) {
    acceleremoterX(0, 0);
  }
}

accelerometer_y_ON_OFF_CurrentState = digitalRead(accelerometer_y_ON_OFF_Pin);

if (accelerometer_y_ON_OFF_CurrentState == 1) {
  if (accelerometer_y_ON_OFF_LastState == 0) {
    acceleremoterY(0, 0);
  }
}
}

```

Figura 37: Botões para ativar sensores e funções a serem "chamadas"

```

ControladorFinalSemestre1_force_accelerometer | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

ControladorFinalSemestre1_force_accelerometer

void ultrasonicSensor (long duration, long mm, int midiValue) {
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);

  // Read the signal from the sensor: a HIGH pulse whose
  // duration is the time (in microseconds) from the sending
  // of the ping to the reception of its echo off of an object.
  pinMode(echoPin, INPUT);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

  // convert the time into a distance
  mm = microsecondsToMilimeters(duration);

  if (mm >= 10 && mm <= 200) {
    midiValue = map(mm, 200, 10, 0, 127);
    midiMsg(0xB0|0,3,midiValue);
  }

  delay(2);
}

long microsecondsToMilimeters (long microseconds) {
  return microseconds / 2.9 / 2;
}

```

Figura 38: Função para sensor ultrassônico e função para conversão de tempo em distância

```

ControladorFinalSemestre1_force_accelerometer | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

ControladorFinalSemestre1_force_accelerometer

void vibrationSensor (int vibrationSensorValue, int midiValue) {

  vibrationSensorValue = analogRead(vibrationPin)/8.05511811023622; // 1023/127 = 8.055
  midiValue = map(vibrationSensorValue, 5, 127, 1, 127);
  midiMsg(0xB0|1,4,midiValue); //send midi
  delay(100);
}

void potenciometer (int potenciometerValue, int midiValue) {

  potenciometerValue = analogRead(potenciometerPin)/8.05511811023622; //1023/127 = 8.055
  midiValue = map(potenciometerValue, 5, 127, 1, 127);
  midiMsg(0xb0|1,5,midiValue); //send midi
  delay(10);
}

void forceSensor (int forceSensorValue, int midiValue) {

  forceSensorValue = analogRead(forcePin)/5.118110236220472; // 650/127 = 5.11811023622
  midiValue = map(forceSensorValue, 5, 127, 0, 127);
  midiMsg(0xB0|1,6,midiValue); //send midi
  delay(10);
}

```

Figura 39: Funções para sensor de vibração, potenciômetro e sensor de força


```

void acceleremoterX (int xValue, int midiValueX) {
  xValue = analogRead(acc_X_Pin);

  if (xValue >= 330 && xValue <= 490) {
    midiValueX = map(xValue, 330, 490, 0, 127);
    midiMsg(0xB0|1,7,midiValueX);
  }
  delay(100);
}

void acceleremoterY (int yValue, int midiValueY) {
  yValue = analogRead(acc_Y_Pin);

  if (yValue >= 330 && yValue <= 490) {
    midiValueY = map(yValue, 360, 490, 0, 127);
    midiMsg(0xB0|1,8,midiValueY);
  }
  delay(100);
}

//Send general midi message
void midiMsg(byte cmd, byte data1, byte data2){
  Serial.write(cmd);
  Serial.write(data1);
  Serial.write(data2);
}

```

Figura 40: Funções para eixo x e y do acelerómetro e função para envio de mensagem MIDI

Componentes de uma guitarra elétrica

Captadores

Os captadores são o primeiro elemento que distingue uma guitarra elétrica de uma guitarra acústica convencional. Enquanto numa guitarra acústica existe uma caixa, a chamada caixa-de-ressonância, que amplifica o som produzido pelo vibrar das cordas numa guitarra elétrica esta tarefa é feita usando um sistema que produz eletricidade.

No interior do captador existe um fio de cobre bastante fino em torno de magnetes desta forma é gerado um campo magnético que é alterado pela vibração das cordas, estas por sua vez têm de ser construídas num material condutível à magnetização, como é o caso do níquel.

Existem dois tipos de captadores bastante usados. Os *single coil*, que tal como o próprio nome indica têm um único rolo, ou seja, apenas existe um enrolamento de fio de cobre. E os *humbuckers*, que na realidade são dois *single coil* em série conectados fora de fase.



Figura 41: Captador Single Coil

A forma como estes últimos são construídos faz com que não sejam afetados por interferências, uma vez que cada interferência passada pelo ar é captada pelo os dois e assim um deles cancela o outro.

Os *single coil* são conhecidos por produzir sons mais brilhantes e limpos.



Figura 42: Captador Humbucker

Afinadores

Os afinadores servem para regular a tensão de cada uma das cordas, para que elas (soltas) vibrem com a frequência da nota pretendida segundo a afinação.

Existem vários tipos e modelos de afinadores. Os afinadores de baixo, que são maiores e resistentes a maiores tensões, uma vez que as cordas de baixo são mais grossas, logo exercem mais tensão. Os sistemas em que metade dos afinadores são colocados do lado esquerdo da cabeça do braço e a outra metade do lado direito, chamados como *L and R (left and right) tuners* e os sistemas em que todos os afinadores são colocados num único lado da cabeça (esquerdo ou direito).



Figura 43: Afinador de Baixo Elétrico

A companhia *Steinberg* criou um sistema de afinadores inovador e ainda não muito usado, apesar de já começar a aparecer principalmente em baixos elétricos. Este sistema dispensa a cabeça do braço da guitarra, fazendo com que esta se torne mais pequena. Estes afinadores são conhecidos por *Headless Tuners* e são montados no corpo da guitarra. Os primeiros sistemas deste género a aparecerem no mercado precisavam de cordas especiais com os chamados “*ball-ends*” nas duas pontas, mas com a evolução do mesmo já existem sistemas que usam as cordas convencionais.



Figura 44: L and R Tuners



Figura 45: Headless Tuners

Os afinadores conhecidos como *Locking Tuners* são bastante usados em junção com pontes tremolo, pois, como o próprio nome indica, têm um sistema que prende a corda, normalmente um botão por baixo, que faz com que seja mais difícil que a corda perca a tensão e, conseqüentemente, altere a afinação.



Figura 46: Locking Tuner

A companhia *Tronical* por sua vez também lançou um sistema de afinadores inovador. Este sistema permite afinar todas as cordas em várias afinações automaticamente, uma vez ser um sistema robotizado. Basicamente o sistema sabe qual é a tenção necessária para cada corda em cada afinação e faz com que a corda seja regulada até atingir essa mesma tenção.



Figura 47: Tronical Automatic Tuner System

Ponte

A ponte é o ponto onde as cordas assentam no corpo da guitarra. Existem vários tipos de pontes e, dependendo do seu tipo, vários tipos de ajustes podem ser feitos, sendo estes diretamente refletidos no posicionamento das cordas. Em especial existem alguns tipos de ponte que, com a ajuda de uma alavanca, a chamada alavanca de tremolo, podem alterar momentaneamente a tensão das cordas, alterando desta forma a frequência de vibração da corda e conseqüentemente a afinação da nota. Todo este sistema funciona de modo a que a corda volte ao seu posicionamento original após o uso da alavanca. Existem quatro deste tipo de pontes mais conhecidos e usados, são elas as pontes *Tremolo*, as *Vibrola*, *Floyd Rose* e *Bigsby*.



Figura 48: Ponte de guitarra elétrica



Figura 49: Ponte tremolo (tradicional em guitarras do modelo Stratocaster)

Para além destas existem mais alguns tipos, como as pontes de duas partes, em que uma apenas prende a corda e a outra levanta-a, estando separadas entre si; as pontes tradicionais das guitarras do modelo *Telecaster* da *Fender*, as tradicionais das guitarras do modelo *Mustang* também da *Fender*, que também têm uma alavanca de tremolo, e as semelhantes às pontes normais de tremolo mas sem a alavanca e todo o sistema de molas.

As pontes *Bigsby* e as dos modelos *Mustang*, por exemplo, usam o sistema um sistema de tremolo e são montadas em duas partes separadas.



Figura 52: Ponte Bigsby

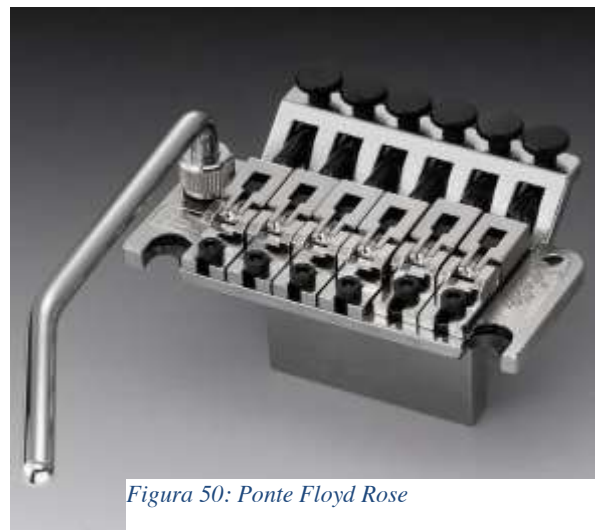


Figura 50: Ponte Floyd Rose

As melhores pontes permitem também ajustar a altura de cada corda, bem como o posicionamento do ponto onde a corda assenta, ajustando assim a entonação de forma a permitir que todas as notas da escala tenham uma afinação correta.



Figura 51: Ponte Vibrola



Figura 53: Ponte tremolo tradicional do modelo Mustang

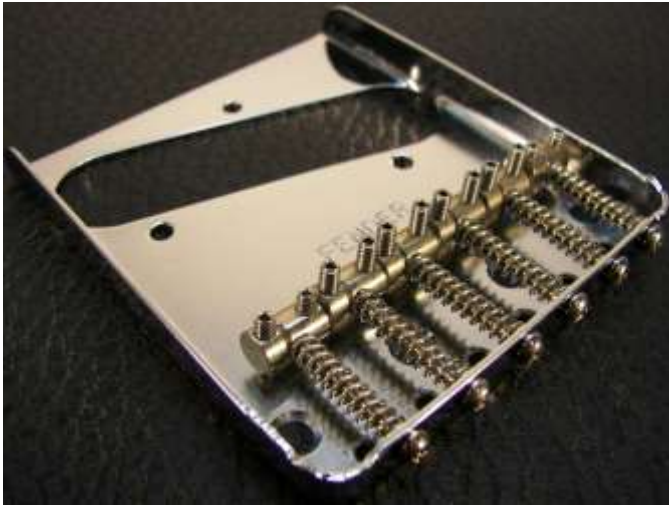


Figura 55: Ponte tradicional do modelo Telecaster



Figura 54: Ponte de duas partes (Tune-o-matic)

Pestana

A pestana é o local onde as cordas assentam, desta vez no braço. A par com a ponte são os locais onde as cordas assentam e como tal definem o tamanho da escala, alguns destes tamanhos habituais são 24,75 polegadas (usado normalmente nas guitarras *Gibson*), 25 polegadas (comum nas guitarras *PSR*) e 25,50 (guitarras *Fender*).



Figura 56: Pestana

A pestana tem também como função ajudar a manter a distância entre a corda e a madeira da escala e também conduzir as mesmas na direção correta, após a pestana estas são direcionadas para os afinadores.



Figura 57: Pestana de rolamentos

A pestana pode ser feita de diversos tipos de matérias. Normalmente nos instrumentos mais baratos são feitas de plástico. Antigamente eram feitas de osso, hoje em dia estas são mais raras, pois foram substituídas por matérias sintéticos

semelhantes ao osso. Também existem pestanas feitas em grafite e pestanas de rolamentos, que contem pequenos rolamentos onde as cordas repousam, ajudando a manter a fricção ao mínimo.

Em conjugação com as pontes *Floyd Rose* é normalmente usado um tipo de pestana diferente que, em conjugação com esse tipo de pontes, torna mais fácil o regresso da corda à sua tensão original depois de usado o sistema de tremolo.



Figura 58: Pestana usada com pontes *Floyd Rose*

Tensor

O tensor é uma peça extremamente importante para que o braço da guitarra mantenha o equilíbrio.

Como as madeiras são organismos vivos sofrem alterações com as mudanças de temperatura e humidade, estes acontecimentos tornam-se ainda mais importantes quando estas mudanças são drásticas. Normalmente os braços das guitarras são construídos em madeira e, sendo o braço, a madeira usada é um

pouco menor em termos de quantidade, logo tem menos resistência e é mais suscetível a ter alterações com a temperatura e a humidade, o que faz com que a mesma se dobre, perdendo a entonação, fazendo com que as cordas deixem de estar paralelas à escala e, em casos mais extremos, acabem mesmo por se tocar em alguns pontos.

O tensor é uma vara de um material imune a estas alterações climatéricas que é colocada no interior do braço da guitarra com o objetivo de fazer resistência às madeiras mantendo-as estáveis.

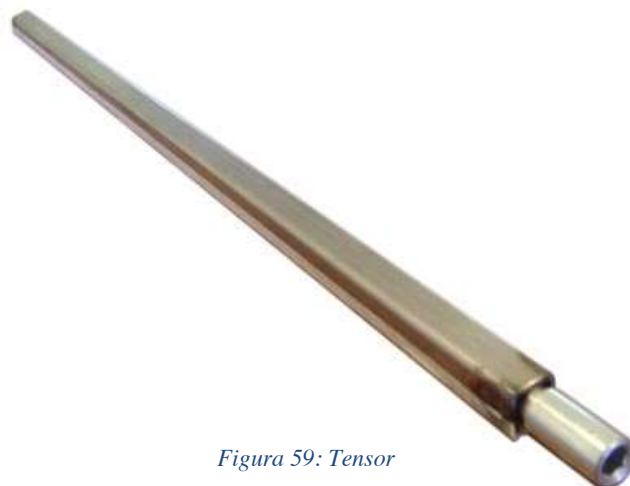


Figura 59: Tensor



Figura 60: Tensor de ajuste no corpo da guitarra

Existem vários tipos de tensores, como exemplo temos os não ajustáveis, os ajustáveis dos dois lados, os ajustáveis na cabeça do braço e os ajustáveis no corpo.

Quando falo sobre tensores ajustáveis refiro-me a um tipo especial de tensores em que é possível ajustá-los de forma a controlar o tipo de resistência que estes efetuam às madeiras. Através destes ajustes podemos conseguir desempenar um braço que está vergado.

Seletores

Os seletores são pequenos botões colocados normalmente no corpo da guitarra que têm como função escolher qual dos captadores usar ou mesmo que combinações entre os mesmos. Por vezes também são usados como botão para “ligar e desligar” a guitarra, ou seja, podem ser usados como corte da corrente gerada pela alteração do campo magnético criado pelos captadores e pelas cordas.

Existem vários tipos de seletores, os mais conhecidos são os chamados *Toogle* de 3 posições, em que normalmente uma posição escolhe o captador mais próximo da ponte, outra escolhe o mais próximo do braço e a do meio seleciona os dois em simultâneo. Nos modelos *Stratocaster* são normalmente usados seletores de 5 posições de forma a escolher cada um dos três *Single Coil* em separado e a combinação entre o mais próximo do braço e o do meio ou o do meio com o mais próximo da ponte.



Figura 61: Seletor *Toogle* de 3 posições



Figura 62: Seletor *Toogle* de 5 posições

Normalmente encontramos nos modelos *Mustang* um tipo diferente de seletores, em vez de serem os normais *Toogle* são seletores *Slide*, que funcionam tal qual como os anteriores com a única diferença que a seleção é feita deslizando um botão.



Figura 63: Seletores *Slide* de duas e três posições

Potenciômetros

Os potenciômetros usados nas guitarras elétricas tem um funcionamento idêntico ao já explicado anteriormente neste relatório a quando da abordagem mais no ponto de vista do controlador MIDI. Normalmente existe uma diferença entre os potenciômetros usados na construção, no caso, de um controlador MIDI com os usados para controlar a guitarra, enquanto os usados no controlador usam uma escala linear, normalmente os da guitarra usam uma escala logarítmica.



Figura 64: Potenciômetro

Os potenciômetros são usados no circuito de uma guitarra elétrica normalmente para controlar o volume e o timbre (mais agudo ou mais grave), existem aplicações com apenas um para controlo do volume e outro para controlo do timbre, outras com um único volume e controlo do timbre de cada captador é feito individualmente, outros em que pode ser controlado o volume e o timbre de cada captador individualmente. Com o aparecimento dos pedais e do controlo do timbre integrado nestes ou nos amplificadores, esta função na guitarra começou a desperecer, existindo desta forma guitarras que não têm controlo do timbre para nenhum captador.

Ligação Jack

Local “onde o som sai da guitarra”.

É onde a corrente elétrica gerada pelo sistema magnético dos captadores e que posteriormente passa pelos controlos é lançada para o exterior da guitarra, através de um cabo, para posteriormente voltar a ser convertida em vibrações num altifalante de um amplificador.



Figura 65: Entrada Jack

É onde sai o som “limpo” gerado na guitarra e pronto a ser processado por uma cadeia de efeitos, pode ser esta construída com uma coleção de pedais, um ou vários processadores, etc.

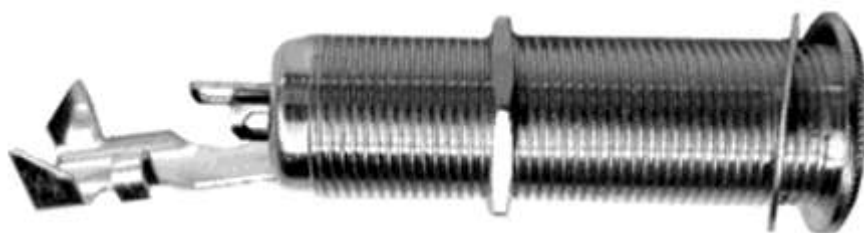


Figura 66: Outro tipo de entrada Jack

Cordas

São o componente mais importante de toda guitarra. Sem elas não era possível tocar, nem gerar o campo magnético que posteriormente ativa todo o sistema. A sua qualidade e o seu estado é extremamente importante para a qualidade do som produzido. Cordas usadas e gastas perdem o brilho, deixando a guitarra com um som bem menos interessante.

No caso das guitarras elétricas normalmente são feitas de níquel ou aço, existem também cordas feitas em cobalto que conseguem aumentar consideravelmente o valor de ganho produzido pela guitarra.



Figura 67: Cordas de guitarra elétrica

Outros componentes

Existem outros componentes usados também frequentemente na construção de guitarras elétricas.

Temos o exemplo do fio de trastes, usado para fazer a divisão entre notas na escala da guitarra.



Figura 68: Fio de traste

Os chamados *inlays* usados para assinalar alguns trastes na guitarra, funcionando como guia para o guitarrista. São normalmente aproveitados também de forma um pouco mais artística através do desenho de formas ou figuras.



Figura 69: Aplicação artística dos inlays

Nas pontes que não são nem tremolo nem de duas partes é necessário que as cordas sejam introduzidas pelas costas do corpo da guitarra, portanto são também normalmente usadas umas ferragens nos locais onde as cordas devem de ser introduzidas.



Figura 72: Ferragens usadas para colocar as cordas

Podem também ser usados uns pequenos quadros em torno dos captadores de forma a tapar o restante buraco e também servem para que, facilmente, se consiga ajustar a altura do captador.



Figura 73: Quadros captadores



Figura 70: Inlays

Uma peça também muito importante nas guitarras em que o braço é separado do corpo é uma pequena chapa metálica que faz com que o braço e o corpo se unam, mantendo-os dessa forma.



Figura 71: Chapas metálicas de junção do braço ao corpo

No caso por exemplo de guitarras da marca *Fender* as cavidades para serem colocados os componentes e circuitos elétricos da guitarra são feitas na parte da frente do corpo e posteriormente esses buracos são tapados usando o chamado *pickguard*. O *pickguard* também serve para proteger a madeira dos embates da palheta quando a guitarra é tocada.

Também são usados uma espécie de “capacetes” nos potenciômetros de forma a facilitar a interação do guitarrista com eles, muitas vezes esse “capacetes” indicam também qual é o tipo de controlo do mesmo (volume ou tom), bem como uma numeração que indica os níveis de volume e qual é o timbre, normalmente o valor mais alto indica o timbre mais agudo e quanto mais baixo for, mais grave é o timbre.



Figura 74: Pickguard e "capacetes" de potenciômetros

Escolha dos materiais e componentes para a construção

Importância das madeiras

A madeira desde sempre foi um elemento extremamente importante no campo dos instrumentos musicais, ainda mais importante e relevante quando falamos de instrumentos acústicos. Esta tem efeito direto em vários aspetos extremamente importantes de um instrumento, como por exemplo, a qualidade do timbre, a sua estabilidade, a sua resistência, a envolvente do som gerado, etc.

Apesar de as guitarras elétricas de corpo sólido, como é o caso da guitarra deste projeto, não usarem caixa-de-ressonância, este material não deixa de ser importante tanto a nível sonoro, bem como em termos de estabilidade a qualidade do material usado.

Tendo em conta que normalmente as guitarras elétricas são usadas no contexto de concertos de grupos pop, rock, metal, etc. e, portanto, os guitarristas tocarem em pé e com bastante liberdade de movimentos durante bastante tempo, o peso da guitarra também se torna algo fundamental, o que logicamente torna importante o peso dos materiais usados, especialmente das madeiras que são o material usado em maior quantidade. A facilidade com que a madeira pode ser trabalhada também é bastante importante, especialmente para os construtores.

Existem vários tipos de madeiras normalmente aplicadas a cada parte da guitarra e por vezes são usadas várias partes coladas, podendo ser essas da mesma madeira ou de madeiras diferentes, de forma a otimizar a estabilidade da guitarra e minimizar os efeitos climatéricos. A guitarra é dividida tipicamente em três partes em relação ao uso da madeira, sendo estas o corpo, o braço e a escala.

Para o corpo as madeiras normalmente usadas são duras como por exemplo a madeira de ácer (*maple*, a designação em inglês é também a mais conhecida pelos carpinteiros em Portugal), mogno, amieiro (**Figura 75**) e madeira de castanho. Estas madeiras são das mais usadas, pois são das que correspondem melhor aos requisitos apresentados anteriormente, flexibilidade, resistência às condições climatéricas, peso, etc. A quantidade de madeira usada também é bastante importante principalmente em termos sonoros, logo o formato e as dimensões do corpo tornam-se também importantes, quanto menos madeira existir menos resistente vai ser o corpo e menos esta vai vibrar por solidariedade com as cordas, tendo efeito no timbre.



Figura 75: Madeira de Amieiro (usada no corpo da minha construção)

As madeiras mais usadas no braço são as de ácer e mogno, visto serem madeiras com menos tendência a vergarem com as condições climatéricas, o que atendendo ao formato e à quantidade de madeira usada nos braços torna estas características ainda mais importantes e fundamentais.

Existem casos em que o pedaço de madeira usado para o braço da guitarra é o mesmo usado na escala, como é costume ver nas guitarras do modelo *Telecaster*. Maioritariamente a escala é feita num pedaço de madeira independente do restante braço, pedaço este que é posteriormente colado na restante madeira do braço.

Normalmente a madeira usada nas escalas é a madeira de ácer (mais quando a escala e o braço são feitas do mesmo pedaço), madeira de castanho, pau-rosa, pau-ferro e ébano. Estas madeiras são normalmente extremamente duras e densas.



*Figura 76: Madeira de Ácer (Maple)
(usada no braço da minha construção)*



*Figura 77: Madeira de Pau-rosa (usada na
escala da minha construção)*

Visto uma das maiores necessidades e desafios ser tornar guitarras cada vez mais leves já existem guitarras com quantidades de madeira extremamente diminutas, principalmente na zona do corpo e por vezes apenas com madeira na zona dos captadores e o restante feito em materiais como acrílico de forma a manter as características ergonómicas da guitarra. Existem mesmo guitarras feitas de metais extremamente leves, o que as torna extremamente estridentes, e até

mesmo corpos feitos de materiais sintéticos como por exemplo carbono. Este tipo de materiais usados são extremamente criticados pelos mais puristas usando estes como principal argumento as características sonoras.

Depois de uma longa pesquisa acerca dos materiais que poderia usar na construção da minha guitarra, recorrendo a fóruns, livros e vídeos que abordavam o tema de construção de guitarras elétricas de corpo sólido e pesquisa dos materiais usados por algumas das marcas de guitarra elétricas mais conhecidas e de guitarras das quais sou fã, não tanto em termos de *design*, mas mais em termos do som que guitarristas que as usam conseguem quando as usam, tendo em conta também aspetos como a qualidade preço e a facilidade de trabalho das madeiras escolhi para a realização do meu projeto usar madeira de amieiro para o corpo, ácer para o braço e pau-rosa para a escala.

Restantes componentes

Tal como nas madeiras a relação qualidade / preço foi fundamental na escolha dos restantes componentes a usar na guitarra.

Primeiramente tomei a decisão que iria usar captadores do tipo *humbucker*, visto estes produzirem menos ruído e atingirem valores de ganho mais elevados. Decidi também usar dois captadores, um junto à ponte e outro junto ao braço, de forma a ter duas opções em termos de timbre, uma vez que o som junto à ponte é mais brilhante e junto ao braço é mais grave, sendo normalmente usados estes sistemas para tocar ritmos com o captador da ponte e solar usando o captador do braço. Decidi que o sistema elétrico da guitarra apenas iria ter disponível o controlo dos volumes e que esse controlo seria individual para cada um dos captadores, iria também usar um seletor de apenas três posições com a opção de selecionar o captador da ponte individualmente, o do braço ou ambos em simultâneo. Usando este sistema e tendo controlo dos volumes individualmente facilmente posso ter um chamado *killswitch*, que não é mais que um botão para “desligar” a guitarra, consigo-o tirando o volume totalmente de um dos captadores e, se o fizer, quando selecionar esse captador ele simplesmente cortará o som. Tendo em conta, como referido anteriormente, a relação qualidade preço escolhi usar dois captadores de alta saída da marca *Seymour Duncan*, o SH-5 na ponte e o TB-5 no braço. São dois captadores idênticos, apenas o TB-5 é mais indicado para sistemas tremolo e decidi então testar o seu aproveitamento na posição mais dedicada para solos. Escolhi dois captadores idênticos para não ter grandes diferenças em termos de ganho e qualidade sonora quando altero entre ambos, evitando assim que as alterações soem “estranhas”. Quanto à entrada para ligação do cabo jack decidi usar uma *Göldo J0020* uma vez que é uma entrada longa, o que faz com que não tenha que ser aberto um buraco maior na guitarra na zona da entrada, ser colocada na parte lateral da guitarra e não ocupar muito espaço na mesma.

Em termos de material fora da parte elétrica decidi escolher um tensor de duas varas e com ajuste do lado do corpo, uma vez achar interessante o funcionamento desse tipo de tensores e um pouco mais prático o seu ajuste, apesar mesmo deste tipo de ajuste poder necessitar que as cordas sejam removidas, mas no meu entender não acho muito bom tentar-se ajustar um braço com as cordas ainda a exercer força no mesmo, penso ser melhor tirar as mesmas e deixar o braço a repousar enquanto o tensor cumpre o seu papel. A ponte que escolhi foi uma *ABM 3255C*, ponte semelhante às usadas nos sistemas tremolo das *Stratocaster*, mas sem o tremolo. Achei interessante usar esta ponte uma vez que é mais fácil de aplicar e permite fazer todos os tipos de ajustes (entonação e altura das cordas), também a distância entre as cordas foi importante na escolha, 54mm entre as cordas extremas e 10,8mm entre cordas vizinhas, também a qualidade da marca foi preponderante na escolha. Para a pestana decidi não fazer uma, mas sim adquiri-la já feita. Uma vez a principal referência em termos de escala e braço da guitarra serem os modelos *Telecaster* e *Stratocaster* e a escolha da ponte também já tinha tido em

atenção essas referências escolhi então uma pestana indicada para esse tipo de guitarras, a *Graph Tech PT 5010*, construída em plástico. Por ultimo escolhi afinadores de uso apenas no lado esquerdo, uma vez que consegui a guitarra com a intenção de usar esse sistema, afinadores com sistema para trancar a corda (*locking tuners*) de forma a ter o máximo de estabilidade possível na manutenção da afinação das cordas, depois de uma longa pesquisa e de várias opções os que encontrei melhores na relação qualidade / preço foram os M6 da marca *Schaller*.



Figura 78: Madeiras e alguns dos componentes da guitarra

Design

Após terem sido escolhidos todos os materiais em que a guitarra iria ser construída, bem como todos os componentes passou-se à fase de criação do *design* da mesma. Nesta fase foi necessário ter em atenção o tipo de componentes que iriam ser aplicados, a ergonomia (que terá um capítulo dedicado mais à frente) e, ainda mais importante tendo em conta os objetivos do projeto e associado também à ergonomia, a aplicação do controlador MIDI na mesma. Este último aspeto foi muito importante tendo em conta o sistema interativo bem como a não afetação do normal funcionamento do instrumento em questão.

Tendo como primeira ideia a construção de uma guitarra inspirada em modelos como as *Telecaster* (**Figura 82**), *Stratocaster* (**Figura 79**) e *Les Paul* (**Figura 81**) passei então por uma fase de pesquisa de guitarras e vários formatos para o corpo de alguns construtores conhecidos, outros nem tanto.



Figura 79: Fender Stratocaster



Figura 81: Gibson Les Paul



Figura 82: Fender Telecaster



Figura 80: Manson MA-1



Figura 83: Carvin SCB6 Custom



Figura 84: MotorAve Guitars Belaireside

Já durante a fase de elaboração do meu próprio *design* passei por várias etapas. Comecei por desenhar o corpo de uma guitarra que já possuía num papel, fazendo posteriormente adaptações de



Figura 85: Primeiro desenho do corpo da guitarra (alguns dos traços não são bem perceptíveis na imagem)

forma a melhor aplicar o controlador, os componentes, minimizar ao máximo as dimensões e criar um aspeto que me agradasse e que fosse prático. Tive também em conta as dimensões máximas do corpo, desenhando um quadro em torno do mesmo para definir os limites, bem como a marcação dos eixos e do centro desse mesmo quadro.

Após o desenho em papel pronto passei-o para um cartão onde desenhei todos os componentes, já mais ou menos nos locais onde iriam ser colocados e a ocuparem a sua área correta, de forma a poder também perceber o quanto poderia diminuir o corpo do instrumento. Nesta altura desenhei também um braço no mesmo cartão para poder medir o comprimento da escala e poder perceber onde seria colocada a ponte. Durante este processo decidi que o sensor de proximidade iria ser colocado na pega da guitarra, o sensor de pressão seria colocado na parte de baixo da guitarra próximo do sensor de proximidade e o botão momentâneo um pouco mais abaixo no sentido do captador d ponte. A razão para colocar estes três sensores nessa zona foi para possibilitar um fácil, rápido e intuitivo acesso dispondo-os próximo da zona onde são pousados os dedos que não seguram a palheta numa situação em que as cordas são tocada uma a uma e também próximo da saída da mão quando a guitarra é tocada de forma “rasgada”. O sensor de vibração decidi colocar na parte de cima da guitarra, junto do seletor dos captadores, uma vez que o mesmo funcionaria “batendo” na guitarra esta seria a zona ideal para o fazer. Uma vez não precisar de uma interação direta o acelerómetro foi colado na zona entre o sensor de pressão e o botão momentâneo no interior da guitarra, de forma a poder ter um maior aproveitamento da movimentação da guitarra. Uma vez que os potenciómetros MIDI foram inseridos com o intuito não de terem um resultado tão rápido, mas sim de fazerem um processamento mais constante, geral e de sons mais longos, ou até mesmo serem usados de forma a controlar outros instrumentos (sintetizadores, processamento de outros sons, etc.) foram colocados na zona atrás da ponte. Os restantes botões para ligar e desligar sensores, como o de proximidade e a leitura dos eixos do acelerómetro e o botão que pode ser configurado para lançar um *On/Off* MIDI foram colocados na parte mais abaixo da guitarra por baixo dos potenciómetros, uma vez serem usados de uma forma mais ocasional. Quanto à caixa para colocar a pilha foi colocada na parte de trás da guitarra numa zona completamente inutilizável para colocação de outros elementos, por baixo na zona onde o braço do guitarrista repousa. De forma a minimizar a quantidade de caixas para colocação de componentes a placa *Arduino* foi pensada ser colocada na mesma caixa que os potenciómetros MIDI.

Quanto aos controlos da guitarra em si e como foi dito anteriormente, o seletor foi colocado na parte de cima da guitarra, de forma a poder ter um rápido acesso e não estar numa zona já muito preenchida de controlos. Os potenciómetros de volume dos captadores foram colocados na parte de baixo, onde convencionalmente são colocados em todas as guitarras elétricas ambos numa linha traçada a 45° de um ponto central entre os captadores mas mais próximo do da ponte, para que o primeiro ficasse mais ou menos ao lado do captador da ponte. A razão para que ficassem numa posição convencional foi que, para além de achar a mais correta, torna-se a melhor visto que já é intuitivo para um guitarrista ter esses controlos nesses locais e, mais uma vez refiro esse aspeto, um dos objetivos do projeto ser inserir um controlador numa guitarra sem alterar a forma tradicional como esta é tocada.

Após tudo pronto o cartão foi cortado obtendo assim os primeiros moldes tanto para o corpo bem como para o braço (**Figuras 86 e 87**).



Figura 86: Primeiro molde do corpo com todos os componentes desenhados



Figura 87: Molde do braço

Feitos os moldes foi necessário criar um protótipo onde pudesse testar o funcionamento do controlador MIDI, assim como o posicionamento de todos os sensores e controlos e também o tamanho e a quantidade das cavidades feitas na parte traseira do corpo. Esse protótipo necessitava de ser feito num material sólido, resistente e fácil de trabalhar para que fosse rápido e simples a sua criação bem como modificações. Decidi então fazer o protótipo em *roofmate*, um material semelhante ao esferovite mas mais denso, usado na construção civil para isolamentos térmicos e acústicos.

Feito o desenho do corpo e das cavidades necessárias para escavar, procedi ao corte do material e ao desgaste do mesmo na zona das cavidas, para provar a facilidade com que o *roofmate* pode ser trabalhado apenas usei um simples x-ato para realizar todas estas tarefas. De forma a poder testar mesmo bem o funcionamento do controlador senti necessidade de construir também um braço no mesmo material, desgastando a sua extremidade e a zona no corpo onde o mesmo encaixam para que ambos se pudessem unir usando simplesmente cola.

Escavados todas as cavidades montem então o controlador no interior deste protótipo. Percebi rapidamente que a placa *Arduino* não conseguia processar a informação proveniente de tantos sensores, tendo como exemplo a leitura de um potenciómetro quando feita ao mesmo tempo que um dos eixos do acelerómetro ficava com uma grande latência. Comecei então por ir retirando componentes até ter um resultado satisfatório tendo como fundamentação da escolha os sensores que, quando ativos, davam mais problemas em todo o sistema e com funcionamento e interação mais difícil de perceber. Comecei então por retirar o acelerómetro e, conseqüentemente, pude também retirar os dois botões *toggle* programados para ligar e desligar a leitura dos eixos dos x's e y's do mesmo. Continuei na mesma com problemas quando ativava a leitura do sensor de vibração e decidi retirá-lo também. Com estas alterações todo o controlador ficou com um funcionamento satisfatório.



Figura 88: Protótipo construído em *roofmate* (já sem a maioria dos componentes da guitarra)



Figura 89: Protótipo construído em roofmate - parte traseira (já sem a maioria dos componentes)



Figura 90: Protótipo completo

Após a construção do protótipo percebi que o corpo da guitarra estava descentrado. Este erro não afetou o funcionamento, nem o posicionamento, nem mesmo as áreas ocupadas pelos componentes mas tive então necessidade de fazer um novo molde do corpo para ser usado posteriormente na fase de construção para desenhar o corpo na madeira (**Figura 91**). Decidi também alterar a localização do *toogle* para ativar o sensor de proximidade para o lado do seletor de

captadores, pois, e depois de testar, achei mais intuitivo essa mesma localização atendendo também a que ficaria paralelo ao próprio sensor.



Figura 91: Segundo molde do corpo (já centrado)



Figura 92: Moldes corretos

A forma do corpo nas partes junto ao braço da guitarra teve, para além da questão estética, em atenção a mais fácil instalação dos componentes que nas mesmas ficaram (sensor de proximidade na posterior e *toogle* de ativação do anterior e seletor de captadores na superior). Permitindo assim uma melhor distribuição de todos os componentes pelo espaço possível para construção do corpo.

Construção

Depois de desenhado o formato do corpo no bloco de madeira que adquiri procedeu-se ao corte do mesmo. O corte foi feito usando uma serra vertical e próximo do traço, de forma a ficar o mais certo possível mas permitir ainda que as arestas fossem lixadas e suavizadas.



Figura 93: Corte do corpo

Após o corte feito foram marcados os pontos dos componentes dos dois sistemas (guitarra e controlador) que necessitavam de ter um buraco de um lado ao outro da estrutura. Depois de todos acertados seguindo vários tipos de orientações geométricas (distâncias iguais entre 3 componentes iguais, caso por exemplo dos potenciômetros MIDI), espaçamentos necessários para a fácil interação com todos, etc. Em suma uma otimização do trabalho realizado na fase do protótipo. As perfurações foram feitas primeiramente com uma broca fina e posteriormente alargadas com uma outra broca de espessura adequada a cada componente. Foram então feitas cavidades de um lado ao outro do corpo usando brocas de tamanhos ideais para o controlo em questão. Posteriormente essas mesmas cavidades foram alargadas na parte traseira do corpo, para poderem ser colocados os componentes no seu local de forma a verificar se a largura da cavidade era a ideal. Durante esta mesma fase também foram abertas as caixas para colocação dos captadores (**Figuras 94 e 95**).



Figura 94: Perfuração para colocação do sensor de proximidade



Figura 95: Perfurações e caixas para os captadores



Figura 97: Alargamento das cavidades na parte traseira (já visível a cavidade para colocação da caixa da pilha e uma outra para colocação do sensor de proximidade)



Figura 96: Várias cavidades já alargadas e já testado o encaixe dos componentes nas mesmas

Após a perfuração das cavidades para todos os componentes e os mesmos testados nos respetivos locais foram redesenhadas as caixas dos componentes, caixas estas que permitem maior facilidade na ligação de todos os componentes, de forma a haver um gasto o mínimo possível da madeira para que a mesma mantivesse a resistência (**Figuras 96 e 97**).

Começou-se então a trabalhar no braço da guitarra (**Figuras 98**). Previamente era minha intenção usar uma escala de 25,5 polegadas, o tamanho da escala é definido pela distância entre os dois pontos onde as cordas assentam sem serem pressionadas, ou seja a distância entre a pestana e a ponte. O braço da guitarra foi desenhado de forma a ter 22 trastes (mais não se justificaria pois o espaço entre os mesmos seria mínimo). Foi então marcado na madeira a distância entre a pestana e o 23º traste e em seguida as distâncias correspondente a todos os trastes até ao 22º. Foi também desenhado na madeira do braço o molde do mesmo, o afunilamento deste foi desenhado posicionando a ponte e a pestana à distância da escala, 25,50 polegadas, traçado uma reta entre os pontos da ponte e da pestana que as cordas das extremidades repousam e em seguida desenhadas outras duas retas paralelas às anteriores e desta vez a partir das extremidades da pestana. Foi também traçado o centro da madeira de forma a centrar no mesmo todo o braço, ficando esta reta a ser também o centro do braço. Esta reta foi em seguida usada para abrir o rasgo para o tensor.

As extremidades do braço foram cortadas usando a mesma técnica e máquina usada para cortar o contorno do corpo. Como o *design* da cabeça do braço ainda estava em aberto foi deixada a totalidade da madeira na parte que iria corresponder a esta. De forma a desenhar o encaixe do braço no corpo este foi colocado em cima do corpo e a ponte também no seu respetivo lugar, foram marcados no braço os locais em que cada corda passava na pestana e foi usado um laser para verificar o posicionamento correto de cada uma corrigindo o posicionamento do braço quando necessário e desenhado depois o encaixe no corpo (**Figuras 99**).



Figura 98: Corte do braço



Figura 99: Braço com afinamento já pronto e desenho do seu encaixe no corpo

Foqumo-nos então agora mais na madeira da escala (**Figuras 100**). Em primeiro lugar foram feitos na mesma a cavidade para o encaixe da pestana e, por sugestão da pessoa me ajudou a construir a guitarra, um orifício na mesma para ajuste do tensor (**Figuras 101**), este orifício ficou situado mais ou menos na zona de um possível 23º traste.



Figura 100: Encaixe da pestana

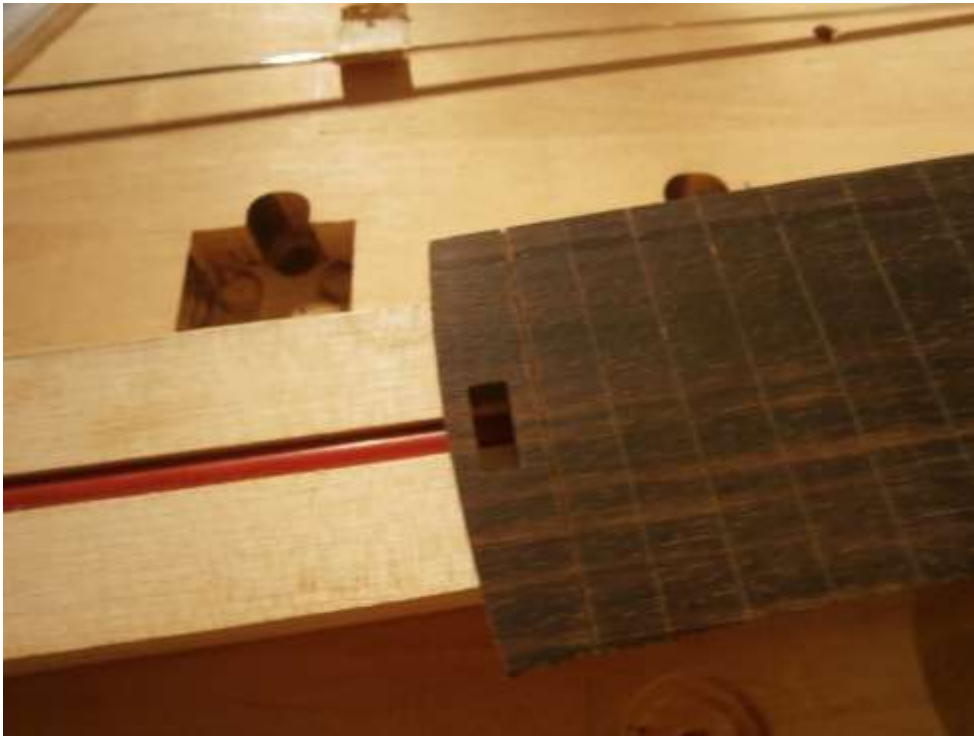


Figura 101: Orifício para ajuste do tensor

Seguiu-se então a abertura das cavidades onde iriam ser colocados os trastes. Em primeiro lugar essas linhas foram abertas com passagens repetidas de um x-ato e a ajuda de uma régua, isto permitiu posteriormente a que fossem aprofundadas mais facilmente com um pequeno serrote e uma serra extremamente fina.



Figura 102: Abertura das cavidades para os trastes

Abertos os espaços para a colocação dos trastes (**Figura 102**) a escala foi então lixada de forma a ficar com uma curvatura num ângulo de 12 polegadas, ângulo esse também escolhido por mim baseado no ângulo normalmente usado nas escalas das guitarras com o tipo de braço no qual me inspirei (*Fender Telecaster e Stratocaster*). A lixa usada para fazer este ângulo foi uma ferramenta construída de propósito para a construção da guitarra (**Figura 103**).



Figura 103: Lixa construída para fazer o ângulo de 12 polegadas na escala



Figura 104: Escala a ser lixada

Feito o ângulo na madeira da escala esta foi centrada na restante madeira do braço, foram traçadas as linhas do excedente e o mesmo foi aparado com a mesma serra que cortou o corpo e o braço. Posteriormente foi decidido qual o *design* para a cabeça do braço, foram feitas as medidas e respetivas perfurações para colocação dos afinadores na mesma tendo em atenção que as cordas teriam de passar num ponto tangente ao pino de cada afinador que as enrola em torno de si mesmo, de forma a estas ficarem a formar uma linha reta. Feitas as perfurações a madeira foi cortada e lixada até ficar com a espessura final necessária para a cabeça, espessura esta medida nos afinadores (**Figuras 104 e 105**).

Após a escala e o braço estarem praticamente terminados, faltando ainda esculpir a parte traseira do braço, ambas as madeiras foram unidas usando cola e grampos ficando os mesmos durante cerca de 24 horas a segurar as madeiras para que a cola fizesse efeito e as madeiras se unissem corretamente (Figura 106).



Figura 105: Corte do excesso na madeira da escala



Figura 106: Grampos a segurar as madeiras do braço para que a cola secasse e as mesmas unissem corretamente

Unidas as duas madeiras do braço o mesmo foi unido à guitarra de forma a medir a escala para que a ponte fosse colocada no local correto e fossem feitas as perfurações para aparafusar esta (**Figura 107**) e as perfurações para posterior colocação das cordas, que entram pela parte traseira da guitarra e surgem na sua parte frontal em pequenas perfurações na ponte. Motivado pelo facto de não possuímos uma coluna de perfuração para trabalhar tivemos eu marcar esses mesmos pontos em ambos os lados do corpo e usar um berbequim a perfurar um pouco de cada vez de cada lado e para que a perfuração ficasse o mais vertical possível (**Figura 108**).



Figura 107: Junção do braço ao corpo da guitarra



Figura 108: Perfurações da ponte para aparafusar a mesma e para a passagem das cordas

Posteriormente à colocação da ponte a mesma voltou a ser retirada e o braço também foi desencaixado do corpo, para que se procedesse ao arredondamento da parte traseira do mesmo (**Figuras 109 e 110**).

Esta parte foi feita usando vários tipos de grosas, tomando como base para a espessura do braço uma guitarra da qual gosto da espessura do braço e também a minha própria mão, estes pormenores serão aprofundados mais à frente num capítulo dedicado à ergonomia.



Figura 109: Início da escultura do arredondamento na parte traseira do braço



Figura 110: Arredondamento finalizado

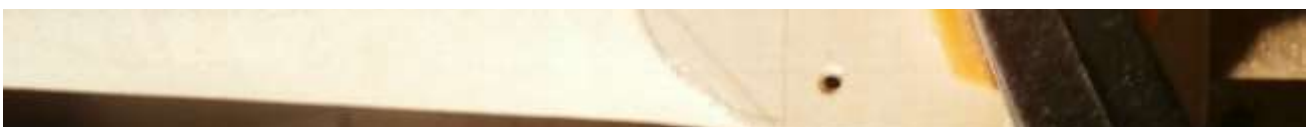


Figura 111: Pormenor do acabamento na extremidade junto ao corpo



Figura 112: Pormenor do acabamento na zona junto à cabeça do braço

Esculpido o braço da guitarra passou-se à fase de colocação dos trastes (**Figuras 113 e 114**). Como cada traste tem um tamanho diferente foi necessário cortar todos os trastes e organizá-los de forma a corresponder à sua localização final.

Cortados os trastes foram então aplicados nos rasgos feitos na madeira da escala. Como a madeira da escala seria para ficar “crua”, ou seja, não iria levar acabamento foi necessário protegê-la, uma vez que iria ser usada cola, de frisar que a cola não serve para colar os trastes à madeira mas sim para preencher quaisquer espaços que possam ficar entre o traste e a madeira, portanto deve ser colocada pouca cola. Para proteger os trastes foi usada simples fita-cola. Os trastes foram colocados com a ajuda de um maço de madeira para que não ferisse também a madeira e pudesse ser feita a força necessária (**Figura 115**).



Figura 113: Corte e organização do fio de traste para posterior colocação na madeira



Figura 114: Colocação do traste



Figura 115: Martelo usado para ajudar no encaixe

Colocados todos os trastes os mesmos foram em seguida gastos nas extremidades para retirar os excessos e foram arredondadas as extremidades para que não magoem a mão do guitarrista.

Após tudo pronto e antes de proceder aos acabamentos foram montados os afinadores, a pestana e a ponte e esticadas algumas cordas, de forma a ser possível resolver alguns problemas que pudessem existir. Percebeu-se então que algumas cordas trastejavam com uma altura satisfatória na ponte e percebeu-se que seria necessária baixar alguns dos trastes, lixando-os ou martelando-os mais um pouco.

Como não existiam mais problemas procedeu-se então ao início dos acabamentos da guitarra. Em primeiro lugar foram arredondadas as extremidades do corpo e foram feitos os rebaixamentos ergonómicos para o encosto do torso do corpo do executante (rebaixamento feito na parte traseira da guitarra) e também para o encosto do braço do executante (na parte frontal da guitarra).

Posteriormente todas as madeiras foram lixadas, foram colocadas as marcas na parte lateral da escala e foi envernizada a madeira.

Montagem dos componentes da guitarra e do controlador

Circuito dos captadores

Acabada a parte de construção da parte de madeiras da guitarra passou-se então à fase de montagem dos circuitos elétricos dos dois sistemas, o sistema dos captadores e o do controlador.

Primeiramente montou-se o circuito elétrico para os captadores (ver circuito no anexo 13). Como foi dito anteriormente o circuito que escolhi usa apenas volumes para cada captador, ou seja, apenas tem dois potenciômetros, dois captadores, um seletor e a entrada *jack*, o circuito é fechado usando a ponte. Foi montado apenas com o corpo da guitarra montado, visto o braço não ser necessário e desta fora as movimentações eram facilitadas.



Figura 116: Montagem do circuito elétrico da guitarra (parte traseira)



Figura 117: Montagem do circuito elétrico da guitarra (parte frontal)

Circuito do controlador

O circuito para o controlador também foi montado apenas com o corpo, como o circuito dos captadores.

Essencialmente este circuito é a junção de todos os circuitos, dos componentes usados, demonstrados no capítulo de construção e programação do controlador.

Desta vez os pinos usados na placa *Arduino* para interpretar cada componente não foram utilizadas ao acaso, sendo todos os componentes programados para serem recebidos pela placa em pontos que facilitassem a passagem de cabos e evitassem ao máximo, conforme os pinos disponíveis e necessários, o cruzamento de cabos. Para esta situação e para organizar também de uma forma lógica o número do canal MIDI de cada componente foi necessário reprogramar a placa. Ficou assim o sensor de proximidade a usar os pinos digitais 8 e 9 (*Trig* e *Echo* respetivamente), o sensor de força a entrada analógica 0, o botão momentâneo a entrada digital 6, o *toggle* a entrada digital 4, os potenciômetros as entradas analógicas 1, 2 e 3 e o *toggle* para ligar e desligar o sensor de proximidade a entrada digital 2.

Caso já conheçam o que é cada componente facilmente percebem a lógica da organização que usei para as ligações dos mesmos. Comecei pela parte de baixo da guitarra e contornei a ponte e os

captadores. Essa mesma lógica foi aplicada também nos canais MIDI dos componentes, ficando então o sensor de proximidade no canal 1, o de força no 2, o botão momentâneo no 3, o *toggle MIDI* e os potenciômetros no 5, 6 e 7.



Figura 118: Montagem do controlador MIDI (parte traseira)



Figura 119: Montagem do controlador MIDI (parte frontal)

Após todos os circuitos montados, assim como os afinadores e a pestana no braço da guitarra este foi unido ao corpo, sendo posteriormente colocadas as tampas na parte traseira e as cordas.



Figura 120: União do braço com o corpo e tampas colocadas



Figura 121: Colocação das cordas

Ergonomia

Aspetos relacionados com a ergonomia são fundamentais em qualquer tipo de instrumentos, não sendo esta uma exceção à regra. Não só a ergonomia bem como a interatividade foram aspetos bastante importantes, tendo sido extremamente pensada a disposição de todos os sensores e controlos da forma a terem o melhor aproveitamento possível.

Em termos de conforto e ajustes da guitarra ao guitarrista foram feitos relevos no corpo de forma a apoiar de melhor forma a guitarra no torso do guitarrista e para que este pudesse confortavelmente apoiar o seu braço enquanto toca o instrumento. Também as tradicionais marcas no braço da guitarra para rapidamente o guitarrista perceber qual o número de cada traste foram apenas colocados na parte lateral da escala uma vez que acho que as marcas da parte frontal fazem com que os guitarristas tenham tendência a tocar de uma forma incorreta para as poder ver, não tocando com a guitarra paralela ao seu corpo, como é correto, mas sim oblíqua, então decidi não colocar tais marcas de forma a evitar essa tendência. Também necessário numa guitarra é o arredondamento da parte traseira do braço para encaixar com a mão do guitarrista, foi tido em atenção para que este arredondamento não chegasse ao rasgo do tensor no interior desta madeira mas foi feito de forma a proporcionar um fácil acesso a todas as notas da escala. Importante de frisar que, aproveitando o facto de estar a construir uma guitarra para eu próprio tocar, todos estes pormenores foram ajustados e feitos a pensar no meu corpo e no meu gosto pessoal.

A colocação dos componentes do controlador MIDI também tiveram em atenção questões ergonómicas e de interatividade de forma a serem de fácil e intuitivo uso e não prejudicarem e/ou alterarem as formas tradicionais para tocar guitarra eléctrica.

A colocação do sensor de proximidade foi pensada de forma a ser de rápido uso, assim como o sensor de força e o botão momentâneo, como tal foram colocados na parte inferior do corpo da guitarra.

O botão para ligar e desligar o sensor de proximidade foi colocado na parte superior e na linha do sensor para poder ser rápida a diferença de tempo entre ligar o sensor e interagir com ele.

O sensor de força e o botão foram colocados com um espaçamento que permita que o guitarrista possa pousar nele os dedos sem interferir com os componentes.

Os potenciómetros e o *toggle* foram colocados numa parte normalmente pouco usada pelos guitarristas de forma a não interferirem enquanto se toca e a exigir um movimento relativamente rápido para interagir com estes da mesma forma.

Perspetivas de Futuro

Existem duas tecnologias que podem ser bastante uteis futuramente na realização de projetos deste tipo. São elas as impressoras 3D e o protocolo de comunicação OSC.

O OSC (*Open Sound Control*) é um protocolo para comunicação entre sintetizadores, computadores e dispositivos multimédia, assim como o protocolo MIDI. A base deste sistema é semelhante à do protocolo MIDI com algumas vantagens, entre as quais a de não ser limitado em termos de canais e valores podendo transmitir qualquer valor, também permite comunicação via internet e tem uma resolução bastante maior. Ou seja, este protocolo de comunicação pode vir a ser o sucessor do MIDI e, como tal, num projeto deste tipo não é de descurar o acompanhamento do desenvolvimento do mesmo bem como programas e dispositivos que o consigam interpretar.

Mais virado para a parte da construção da guitarra temos em largo desenvolvimento da tecnologia de impressão 3D. Esta tecnologia pode virar a revolucionar todos os objetos que usamos hoje em dia tornando-os bastante mais rápidos de fazer, bastante mais fáceis de replicar e, provavelmente, bastante mais baratos. Basta pensarmos na facilidade com que hoje em dia escrevemos um documento como este num computador e, ligando-o a uma impressora podemos imprimi-lo ficando com o mesmo em formato físico, futuramente podemos desenhar num programa qualquer objeto, especificando dimensões e medidas e imprimi-lo com a mesma facilidade.

Como não poderia deixar de ser um avanço tecnológico desta escala revolucionária também o mundo da construção de instrumentos e mesmo componentes, permitindo poupar imensas horas de trabalho no corte das madeiras, etc. Podendo facilmente desenhar toda uma guitarra com as medidas certas assim como componentes, etc. e imprimir tudo, sendo depois apenas necessário montar todos os componentes. Este método faz com que seja bem mais fácil também replicar os instrumentos.

Já existe uma empresa a avançar nesta área, a *ODD Guitars* que, por enquanto, apenas cria usando impressoras 3D os corpos da guitarra que são verdadeiras esculturas.

Esta tecnologia, como foi referido anteriormente, ainda está em desenvolvimento e como tal não permite que todo o tipo de materiais sejam usados para imprimir, como por exemplo as madeiras, o que faz com que ainda necessite de algum desenvolvimento para ficar sólida no mundo de construção de instrumentos.



Figura 122: ODD Guitars Atom 3D (Guitarra impressa numa impressora 3D)

Conclusão

Sendo uma área que já acompanhava e tinha algum conhecimento há algum tempo, já conhecia exemplos como o da *Manson* ou da *Visionary Instruments*, apenas senti necessidade de pesquisar sobre sistemas que utilizassem diferentes tipos de componentes e diferentes formas de fazer comunicação. Rapidamente percebi que usar o protocolo MIDI seria a melhor forma de dar a versatilidade que pretendia ao projeto, visto a implementação do mesmo já estar bastante sólida nos mais variados equipamentos relacionados com a área musical. A partir daí resolvi começar a procurar sensores e componentes e as suas formas de funcionamento.

Após uma pesquisa e listagem de componentes cuja forma de interação e o funcionamento julguei adequados para o meu projeto passei então à fase de adquirir alguns deles para posteriormente os por em funcionamento, montar os circuitos e programa-los. Esta fase foi um pouco complicada pois, o facto de encomendar componentes do estrangeiro, visto em Portugal serem bastante mais caros, ter feito com que por vezes ficasse um pouco desorientado e sem saber como aproveitar o tempo e avançar no trabalho, visto estar a aguardar a chegada desses mesmos materiais. Como se não bastasse, após já ter recebido alguns materiais e já estar em fases finais de testes do mesmo tive um pequeno descuido que acabou por estagnar por completo a construção do controlador, queimei o *Arduino*, ou seja, a placa principal de todo o projeto. Na altura já era minha intenção adquirir uma placa *Arduino Mini* para futuramente implementá-la na guitarra, visto ser consideravelmente mais pequena, mas ainda estava a estudar como esta funcionava e se era viável, portanto ainda não tinha feito a encomenda.

Após a chegada de novas placas e dos componentes a construção e programação do controlador tornou-se muito mais rentável, tendo apenas algumas dificuldades na programação do sensor de proximidade e na montagem e programação do sensor de vibração, tendo estes dois ficado resolvidos ainda antes do acidente, e, posteriormente, na montagem e programação do acelerómetro.

Após tudo mais ou menos resolvido testei em softwares como *Ableton Live*, *Guitar Rig* e, visto também ter como objetivo programar um processador otimizado para este controlador, programei um pequeno *patch* em *MaxMsp*, com o objetivo de servir como ponto de partida e exemplo para o processador.

Posteriormente passei à fase de escolha e encomenda de todos os materiais e componentes para a construção da guitarra e criação do *design* da mesma. Criado o *design* construí então um protótipo num material de fácil manuseamento onde pudesse testar todo o sistema, especialmente o do controlador. Rapidamente percebi que tinha elementos a mais no mesmo que não só prejudicavam toda a interação assim como o processamento da placa *Arduino*. Foram então retirados do projeto o sensor de vibração e o acelerómetro.

Depois de lidos muitos livros, vistos muitos vídeos que abordavam o tema de construção de guitarras elétricas passou-se à prática, ou seja, à construção da minha própria guitarra. Para tal contei com ajuda espetacular e de extrema importância do meu cunhado que, para além de ser a pessoa responsável por eu ter começado a tocar guitarra, também é carpinteiro e um verdadeiro génio na arte de trabalhar madeiras. Esta fase foi extremamente complicada por vários motivos, sendo a primeira guitarra também que o meu cunhado construiu teve que ser feito um trabalho de equipa muito concentrado uma vez eu ter estudado mais e pesquisado acerca da construção, apenas tendo-lhe dado alguns dos vídeos que vi e explicado algumas coisas que li que achei importantes, tudo compreendido por ele com uma facilidade incrível como se, não só lê-se, mas sim aprimorasse também os meus pensamentos e ideias. Mas apesar de tudo para além de ser extremamente perigoso o manuseamento de algumas máquinas, qualquer erro poderia comprometer todo o projeto deixando-me sem tempo ou verba para adquirir novas madeiras, pois, para além do preço das mesmas, os portes são também muito dispendiosos. Foi então tudo feito com extrema calma e cuidado para que nada falhasse e, para além de não ter falhado o resultado ainda foi melhor do que eu esperava. Também dificultou muito o trabalho o facto de apenas conseguirmos trabalhar quando ia passar os fins-de-semana a casa e entre disponibilidade de um e de outro tornou-se tudo bastante difícil.

Passada a fase de construção e com uma satisfação imensa com o resultado da mesma, passei à fase de montagem de todos os componentes tanto da guitarra como do controlador, o controlador foi também reprogramado. Graças a uma organização muito grande de todos os códigos do controlador foi extremamente fácil e rápida esta reprogramação.

Em geral estou bastante satisfeito e orgulhoso com o resultado final do trabalho. Sinto que consegui realizar um sonho já antigo e de uma forma muito mais interessante que as primeiras ideias que tive para o mesmo. Conhecimento de toda a programação MIDI, montagem de sensores, etc. A versatilidade que um sistema deste género pode ter e a facilidade que, usando apenas o material que criei para este projeto (como códigos para interpretar cada componente do controlador), tenho em criar sistemas semelhantes mas que podem ter funcionalidades e interesses completamente diferentes, apesar de baseados no mesmo.

Bibliografia

- *Electric Guitar*: http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_guitar
- MIDI: <http://en.wikipedia.org/wiki/MIDI>
- MIDI: <http://www.midi.org/>
- MIDI *History*: <http://www.musicradar.com/news/tech/30-years-of-midi-a-brief-history-568009>
- *Force Sensing Resistors*: <http://at.or.at/hans/misc/itp/pcomp/fsr.html>
- *How Ultrasonic Proximity Sensor Works*: <http://sensors-actuators-info.blogspot.pt/2009/08/ultrasonic-proximity-sensor.html>
- *Proximity Sensor*: http://en.wikipedia.org/wiki/Proximity_sensor
- *Vibration Switch Sensor SW-18029P*: <http://www.electrodragon.com/product/vibration-switch-sensor-sw-18020p/>
- *Accelerometers*: <http://www.dimensionengineering.com/info/accelerometers>
- *Working Principle of Potentiometer*: <http://www.electrical4u.com/potentiometer-working-principle-of-potentiometer/>
- *Force Sensor*:
http://api.ning.com/files/4Y*oDti01WhSL2fFCqie8nxOyRmOzrFJ3DO1IqShlqmgDpUYILZRDP8cfkuGZQwBdcggYEEhuoFqldMTb1QkyePn1rzsVy4s/sensorforceresistorball.jpg
- *Force Sensor*: <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net//images/products/9/3/7/6/09376-1.jpg>
- *Frying Pan*: <http://www.guitarinsite.nl/images-2/FryingPan4-k.jpg>
- *Frying Pan*:
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Flying_Pan_prototype_\(1931\)_using_one-piece_maple.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Flying_Pan_prototype_(1931)_using_one-piece_maple.jpg)
- *Infrared Sensor*: http://www.mindkits.co.nz/images/products/L_Infrared-Proximity-Sensor-Long-Range.jpg
- *Interruptores*:
http://www.thegreenbook.com/advertiserfiles/productshowcasepictures/main/r/r351780784/push_button_switch_toggle_switch_richman_electronic_engineering_supplies.jpg
- *MMA7361-Accelerometer*:
<https://www.bananarobotics.com/shop/image/cache/data/sku/BR/0/1/0/0/1/BR010019-MMA7361-Accelerometer-Module/MMA7361-Accelerometer-Module-600x600.png>
- *Pedalsteel Guitar*: <http://therisingstorm.net/audio/pedalsteel.gif>
- *Potentiometer*: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/Potentiometer.jpg>
- *Roland Jupiter 6 (JP-6)*: http://www.vintagesynth.com/roland/images/roland_jupiter6_lg.jpg
- *Prophet 600*: http://www.synthburgh.com/Prophet%20600/sequential_prophet600.jpg
- *SW18020 Vibration Sensor*: <http://s4.electrodragon.com/wp-content/uploads/2012/02/sw18020.png>
- *Ultrasonic Sensor*: http://img.dxcn.com/productimages/sku_138563_1.jpg
- *VibrationShakeSensor-SW18020P*: <http://www.electroons.com/blog/wp-content/uploads/2013/08/ShakeSwitch.jpg>
- *Visionary Instruments*: <http://www.visionaryinstruments.com/>
- *Misa Digital*: <http://misa-digital.myshopify.com/>
- *Manson Guitars*: <http://www.mansonguitarworks.com/>
- *Programação MIDI*: <http://www.music-software-development.com/midi-tutorial.html>
- *Programação MIDI*: <http://www.petesqbsite.com/sections/express/issue18/midifilespart1.html>
- *Programação MIDI*: <http://nauful.com/pages/midiprogramming.html>
- *Arduino*: <http://arduino.cc/>

- Apontamentos, Professor Luís Marques, “Introdução ao MIDI e Áudio Digital”, 2011/2012
- Relatório Projeto Individual I, “Sistemas Digitais Interactivos”, Miguel Urbano, 2010
- Single Coil - <http://www.guitarrepairbench.com/parts/images/electric-guitar-pickup-parts/22.jpg>
- Humbucker - <http://c1.zzounds.com/media/quality,85/sh-11-fb9e09f4dd02b4f76a38722de1ec350c.jpg>
- Afinadores Tronical - <http://www.dirtbox.net/wp-content/uploads/2013/04/Tronical-tuner-488x250.jpg>
- Locking Tuner - http://guitar-parts.biz/download/CY417454a4X127ba1e578aXY1a7b/67_M6_Locking_Ruthenium.jpg
- Afinadores - <http://www.guitarrepairbench.com/parts/images/guitar-replacement-tuners-and-parts/12.jpg>
- Afinadores de baixo - <http://www.wdmusic.co.uk/ekmps/shops/wdmusic/images/gotoh-bass-reverse-tuners-open-gear-nickel-2171-p.jpg>
- Headless Afinadores - http://hipshotproducts.com/img/large/vb4_body_2.jpg
- Pestana - <http://www.wdmusic.co.uk/ekmps/shops/wdmusic/resources/Design/pq-5000-00.jpg>
- ABM Roler Guitar Nut - <http://www.allparts.com/assets/images/products/BN-0262-010-web.jpg>
- Pestana Floyd rose - <http://s3.tupianku.com/view/dalbum/4932/Standard-Floyd-Rose-locking-Nut-R3-Chrome-1.jpg>
- Ponte - <http://www.wdmusic.co.uk/ekmps/shops/wdmusic/images/gotoh-twelve-string-electric-guitar-bridge-2601-p.jpg>
- Ponte de duas partes (tune-o-matic) - http://www.dawsons.co.uk/blog/wp-content/uploads/2013/03/Tune-o-Matic_LP1-1024x819.jpg
- Ponte tremolo - http://www.amplifiedparts.com/sites/default/files/imagecache/product_full/p-ggt-48-c.png
- Floyd Rose - http://guitar-parts.biz/download/C7b0cde85X12e05dc7655XY203/FLOYD_ROSE_TREM_NI_OhneLize_nz_800.jpg
- Ponte Bigsby - http://2.bp.blogspot.com/_7P3SAUpDZO4/Rz8PXW9TORI/AAAAAAAAAFY/2GIId_WwyUc4/s1600-h/Locking+Roller+Bridge+with+Bigsby.jpg
- Ponte Mustang - <http://cdn.mos.musicradar.com/images/Guitarist/355/fender-johnny-marr-jaguar-1-630-80.jpg>
- Ponte Vibrola - <http://www.aceguitarparts.aceguitars.com.au/vibrolashort.jpg>
- Ponte Telecaster - <http://images.channeladvisor.com/Sell/SSProfiles/43000047/Images/1/Bridge%20Tele%20%20Section%200990810.JPG>
- Toggle-switch - <http://luthierssupplies.com.au/images/Toggle-switch.jpg>
- 5way guitar switch - http://i37.photobucket.com/albums/e84/cekikta/Wiring/EModel3484_1lg.jpg
- Switchcraft_Slide_Switches - http://www.stewmac.com/product/images/6711/Switchcraft_Slide_Switches.jpg
- Potenciómetro guitarra - <http://cdn.banzaimusic.com/image.php?id=6748&type=D>
- Tensor - <http://luthierssupplies.com.au/images/Gotoh-truss-rod.jpg>
- Tensor - <http://alloymusicalproducts.files.wordpress.com/2012/10/img00347-20110207-0910.jpg>
- Entrada Jack - <http://elderly.com/images/accessories/GEPT/EB6324.jpg>
- Entrada Jack - http://www.wilderdavoli.it/imgportfolio/15/imgprod_1/epjsl01.jpg
- Cordas Guitarra Elétrica - <http://images.rakuten.com/PI/0/1000/218250012.jpg>

- Guitar inlays - <http://i00.i.aliimg.com/wsphoto/v0/473551488/100pcs-5mm-font-b-ABALONE-b-font-shell-font-b-Guitar-b-font-Fret-Marker-Fingerboard.jpg>
- Guitar inlays - http://www.mcnaughtguitars.com/images/inlays/inlays_003.jpg
- Fio de traste - <http://www.hangoutstorage.com/mandohangout.com/storage/photos/large/22/22423-13551102252011.jpg>
- Pickguard - http://www.porterpickups.com/photos/black_hss_Pickguard.png
- Quadros captadores - http://guitar-parts.biz/download/CY417454a4X127ba1e578aXY5f25/66_SP_Pickup_Rahmen.jpg
- Chapa de junção do braço com o corpo - http://www.stewmac.com/product/images/226/Neck_Mounting_Plate.jpg
- Guitar String Ferrules - http://www.chguitars.co.uk/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/s/f/sf4_ferrules_2_1_.jpg
- Alder (Amieiro) - <http://www.wood-database.com/wp-content/uploads/red-alder-sealed.jpg>
- Maple (carvalho silvestre) - <http://www.wood-database.com/wp-content/uploads/hard-maple.jpg>
- Rosewood (pau rosa) - http://cdn.shopify.com/s/files/1/0130/4582/products/rosewood_swatch.png?v=1333516833
- Fender Stratocaster - http://image.rakuten.co.jp/shimamuraagakki/cabinet/131126/4995930190999_b.jpg
- Fender Telecaster - <http://cfile5.uf.tistory.com/image/256157465319FD352CD8C3>
- Gibson Les Paul - <http://static.bootic.com/pictures/1419239/gibson-les-paul-traditional-pro.jpg>
- Carvin SCB6 custom - <http://media-cache-ec0.pinimg.com/736x/b8/a1/c2/b8a1c2fee7652e4a0d8fc6da5a173e30.jpg>
- Manson MA-1 - http://www.mansons.co.uk/userfiles/shop/products/large/large_4606.jpg
- MotorAve Guitars Belaireside - <http://www.spacereptilesareyourfriend.com/images/Belaireside.jpg>
- <http://www.odd.org.nz/atom.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Sound_Control
- HISCOCK, Melvyn, *Make Your Own Guitar*, United Kingdom, NBS, 1998
- WARING, Dennis, RAYMOND, David, *Make Your Own Electric Guitar and Bass*, New York, Sterling Publishing Co.
- KOCH, Martin, *Building Electric Guitars*, Austria, eBook edition, 2001

Listagem de Anexos

- Anexo 1 - *Frying Pan Guitar*
- Anexo 2 - *MMA7361L*
- Anexo 3 - *Potenciometer Parts*
- Anexo 4 - *Arduino MaxMSP Guitar*
- Anexo 5 - *MAX_MSP, Arduino and Electric Guitar*
- Anexo 6 - *Guitarduino - Arduino_MaxMSP Guitar Mounted Midi Control System – Rundown*
- Anexo 7 - *Arduino Guitar*
- Anexo 8 - *Manson MB-1*
- Anexo 9 - *Visionary Instruments Robocaster*
- Anexo 10 - *Arduino using MMA7361 3-Axis Accelerometer*
- Anexo 11 - *MMA7361 3 3-Axis Accelerometer Multimeters to test and brief review*
- Anexo 12 - *MIDI programming*
- Anexo 13 - *Circuito elétrico captadores*
- Anexo 14 - *Despesas referentes aos materiais utilizados*

Agradecimentos

Um enorme obrigado a todos os meus amigos, colegas, professores e família, em especial aos meus pais por todo o apoio e interesse mostrado e pelos concelhos importantíssimos, mesmo quando não eram matérias que estivessem à vontade ou conhecessem, mas não desistiam de tentar perceber onde queria chegar e davam a sua opinião.

Ao João Borges pelo enorme empurrão no início do projeto e na compreensão do funcionamento dos circuitos elétricos, pessoa que nunca negou a ajuda nem nos momentos mais “apertados”.

Ao Filipe Pereira pelas excelentes dicas na escolha dos componentes e materiais para a guitarra, assim como as explicações dos diferentes funcionamentos em cada tipo de componentes.

À Andreia Leal, ao João Couto, ao Bruno Marques, ao Hélder Silveira, Tiago Cruz, Luís Dias, Carlos Sá, Chico, Kevin Pardal, Otniel David, Rogério Ribeiro, João Rilho, Pedro Feitor, Rui Bento, Victor Fernandes, Nuno Bernardino, Renato Lopes e muitos mais por todo o interesse, entusiasmo e apoio nas minhas ideias.

À Ana Cláudia, Carolina Grave, Isaura Santos, Vera Taboada, Inês Calheiros, Laura Nóbrega, João Castanheira, Raquel Isabel, Gonçalo Piedade, Pedro Afonso, David Ricarte, Mariana Baltazar, Fábio Filipe, etc. pelas conversas e desabafos quase intermináveis em momentos mais desesperantes e toda a força que daí surgiu.

Ao Gonçalo Piedade também pela disponibilidade para tudo o que fosse necessário e ao David Ricarte por, para além de todo o interesse, ter emprestado uma guitarra durante mais de um mês para que pudesse observar alguns pormenores durante a fase de construção.

Aos professores Rogério Dionísio e Victor Gonçalves por todo o entusiasmo e interesse nas minhas ideias.

Ao professor Miguel Urbano por gentilmente ter-me deixado à vontade para utilizar o seu relatório de projeto.

Ao meu orientador Rui Dias por ter dado toda a liberdade para avançar com o projeto colocando por vezes questões bastante pertinentes e que me deixavam a pensar e fizeram melhorar o projeto, apenas não consigo (ainda) agradecer o debate / “discussão” da apresentação do primeiro semestre pois ainda não consegui perceber algumas das questões apontadas, mas acredito piamente que foi bastante importante na mesma para ter certos aspetos em atenção durante o segundo semestre.

Aos meus irmãos e cunhados por todo o apoio, ajuda, entusiasmo, atenção, interesse. Em especial à Eva pela ajuda na aquisição dos materiais e interesse pelo desenvolvimento do projeto, à Diana pelo enorme interesse na leitura, correção e discussão de opiniões na elaboração deste relatório e ao Tomé por me ter “salvo” e encontrado rapidamente uma nova placa aquando do “acidente” para que conseguisse mostrar algo na apresentação do primeiro semestre.

Aos meus avós por me terem dado toda a teimosia (boa e má) que tenho, o ser chato e “pica miolos”, a persistência e força para nunca desistir dos meus sonhos e objetivos mas sem nunca pisar ninguém e que me ensinaram a não me queixar quando algo corre mal mas sim tirar daí a melhor parte e aprender com os erros. Provavelmente todos ainda ouviram falar do meu sonho de construir uma guitarra, mas infelizmente apenas um poderá ver o resultado fisicamente, mas sei que todos me ajudaram de alguma forma e que certamente estarão orgulhosos do resultado final.

Ao meu cunhado Marco Félix (não sei se um obrigado é suficiente), por todas as horas que gastou, por todo o interesse demonstrado, por todo o entusiasmo, por todo o apoio, pela enorme ajuda muitas vezes sob um enorme cansaço, por ter acreditado em mim e que conseguíamos e por ter tornado o meu projeto melhor do que alguma vez eu imaginei que pudesse ficar.

Aos que me possa ter esquecido decerto que foi um lapso do momento mas não foram menos importantes que os restantes.

Dedico também este projeto a toda a minha família em especial aos meus irmãos sem eles não estaria aqui e não teria feito este projeto decerto, cada um contribui de formas diferentes durante esta licenciatura, mas decerto que todos contribuíram bastante para

semear e cultivar a paixão que hoje tenho por música. Ao meu cunhado Marco, sem ele nunca teria descoberto a paixão por tocar instrumentos e em especial a paixão por guitarras, foi ele que me ensinou a dar os primeiros passos a tocar este instrumento e, apesar de não ser nenhum virtuoso, é das pessoas que mais gosto de ouvir tocar pois sou da opinião que mais importante que o virtuosismo quando se toca um instrumento é o sentimento e alma que se põe nele. Infelizmente hoje em dia é muito mais difícil ouvi-lo a tocar e isso foi mais uma motivação para realizar este projeto, pois independentemente dos azares da vida a última coisa que quero é que a relação dele com as guitarras deixe de existir, pois sei que é especial.

Acima de tudo dedico este projeto aos meus dois sobrinhos simplesmente por fazerem os meus olhos brilhar, desejar tudo de melhor para eles e por esperar um dia ouvi-los a tocar esta mesma guitarra.