

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Redes Neurais Aplicadas à Modelagem de Instrumentos
Acústicos para Síntese Sonora em Tempo Real

Carlos Tarjano

Orientador: Prof. Dr. Valdecy Pereira

Niterói, 31 / 07 / 2018

Introdução

Objetivo: Elaborar um modelo baseado em ANNs para emulação de instrumentos em tempo real

Mapear o estado da arte da aplicação de ANNs em áreas correlatas

Mapear o estado da arte da modelagem acústica “tradicional”

Investigar o potencial de inclusão de teoria acústica na eficiência

Motivação:

ANNs aplicadas com sucesso em várias áreas

Estado da arte em áreas afins

Poucos trabalhos relacionados a síntese sonora via ANNs (nenhum em tempo real)

Indústria de DMI “estagnada” e hermética

Introdução

Escopo:

Emulação de instrumentos acústicos

Excitação impulsiva

Tempo real

Arquiteturas Neurais consolidadas na literatura

Revisão Bibliográfica

ANNs:

Alguns trabalhos experimentais na década de 1990

Wavenet – bons resultados para voz (Magenta)

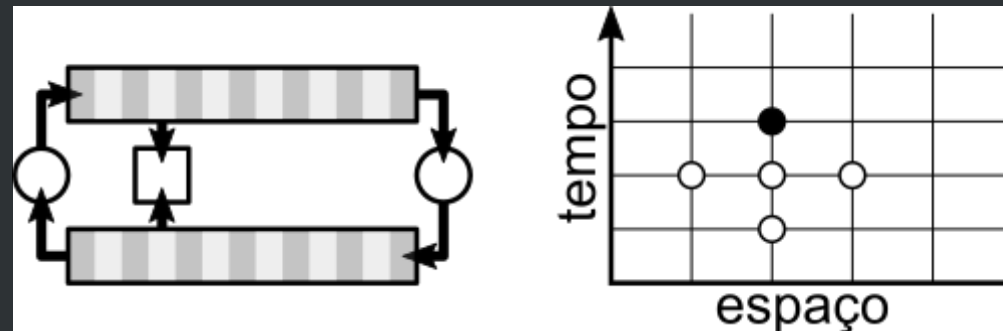
A Maioria das aplicações de ANNs ocorrem em um nível mais alto de abstração

Modelagem Acústica Tradicional:

Domínio da Frequência (Modelagem Espectral)

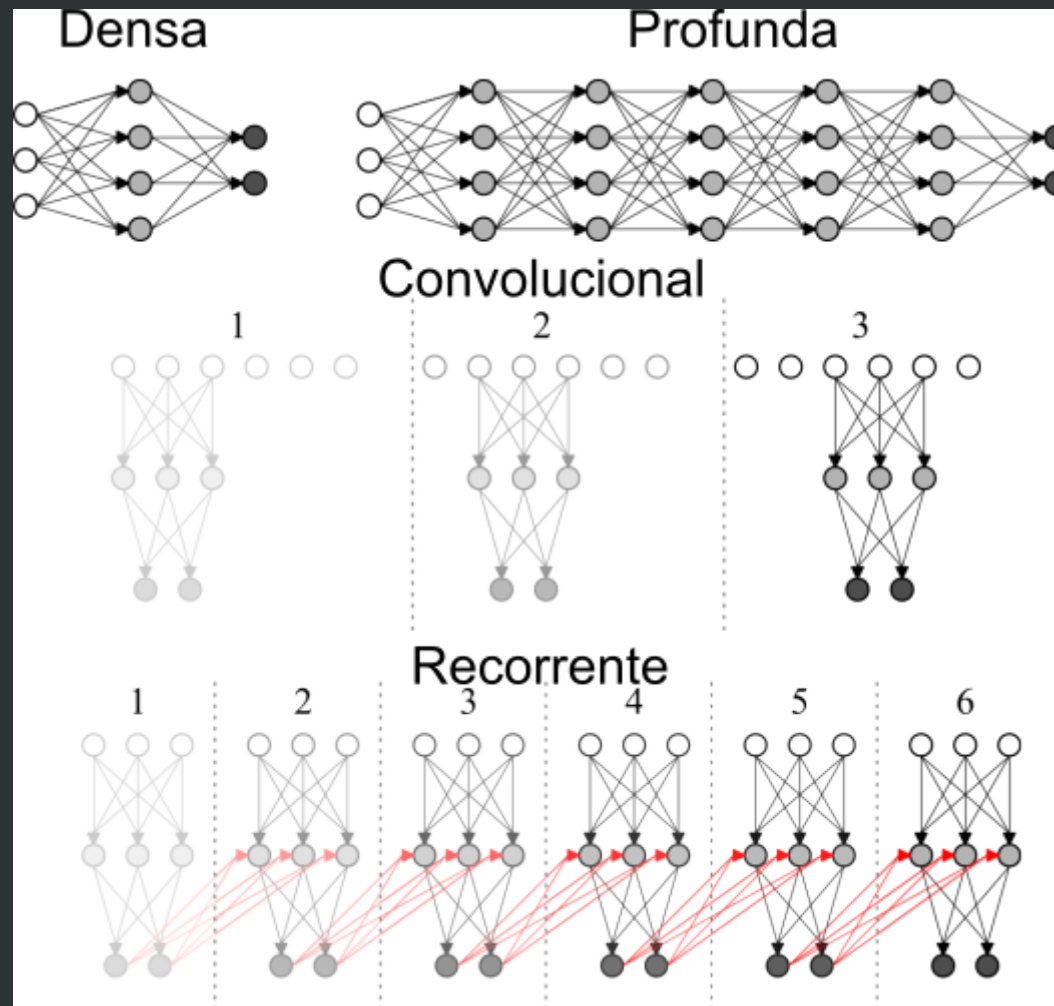
Domínio do Tempo (Modelagem Física)

Principais métodos de Modelagem Física:



Digital Waveguide | Diferenças Finitas

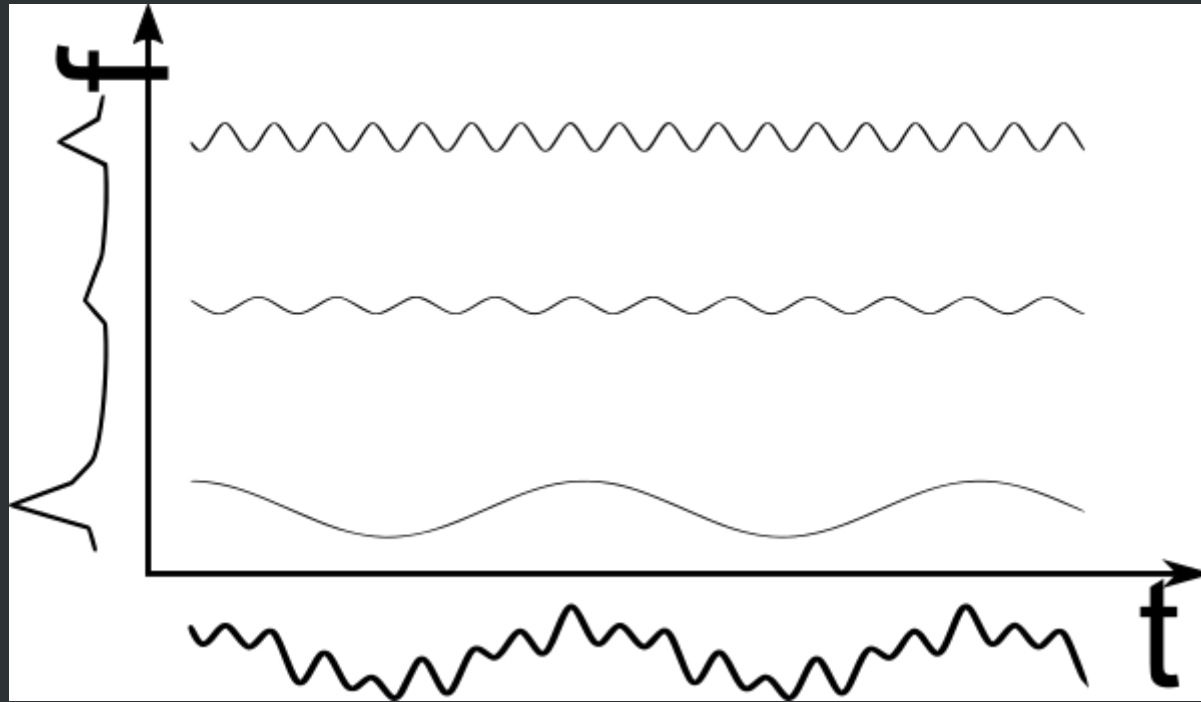
Referencial Teórico - Redes Neurais - Arquiteturas



Arquiteturas

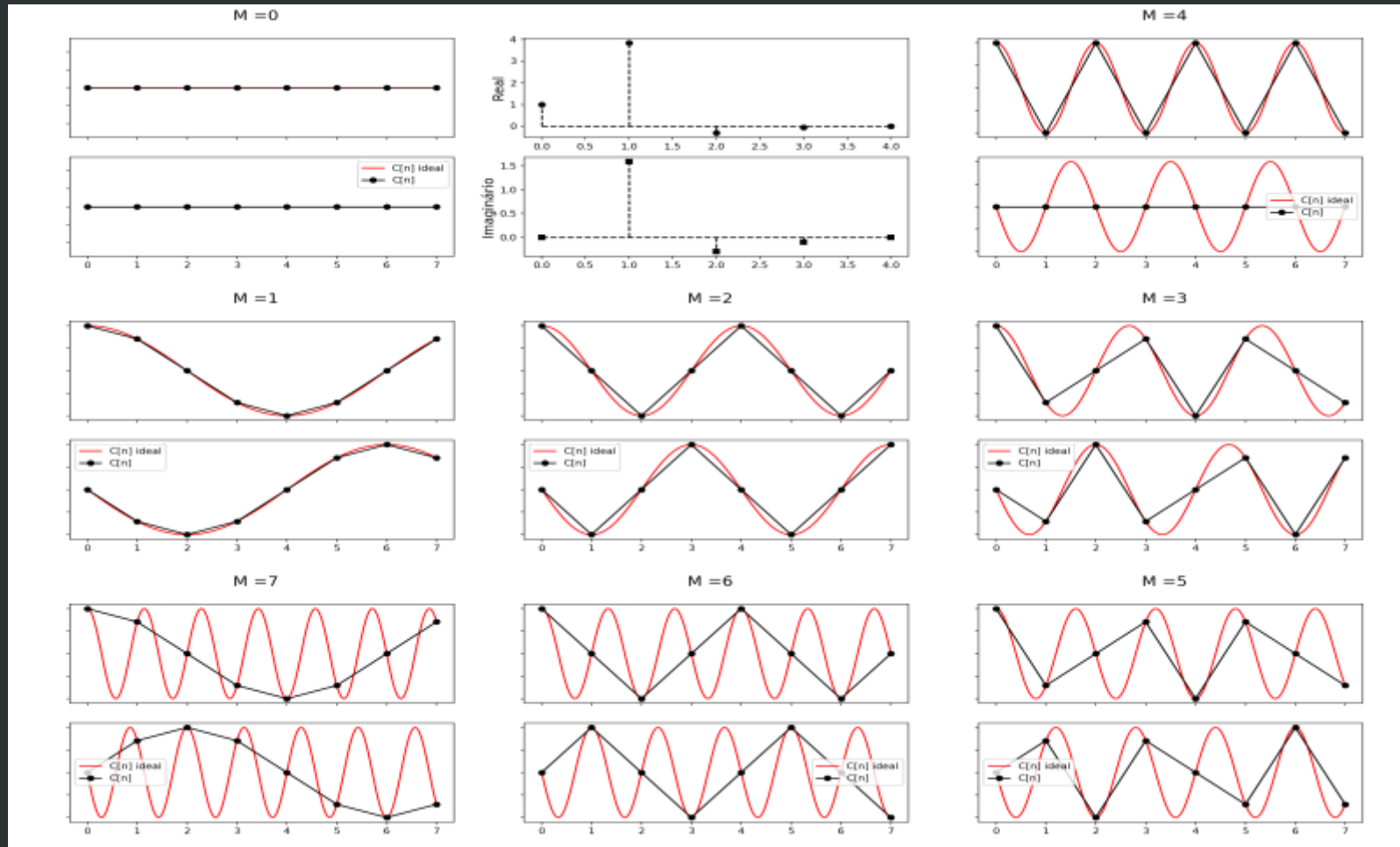
Referencial Teórico

Transformada Discreta de Fourier



Transformada Discreta de Fourier

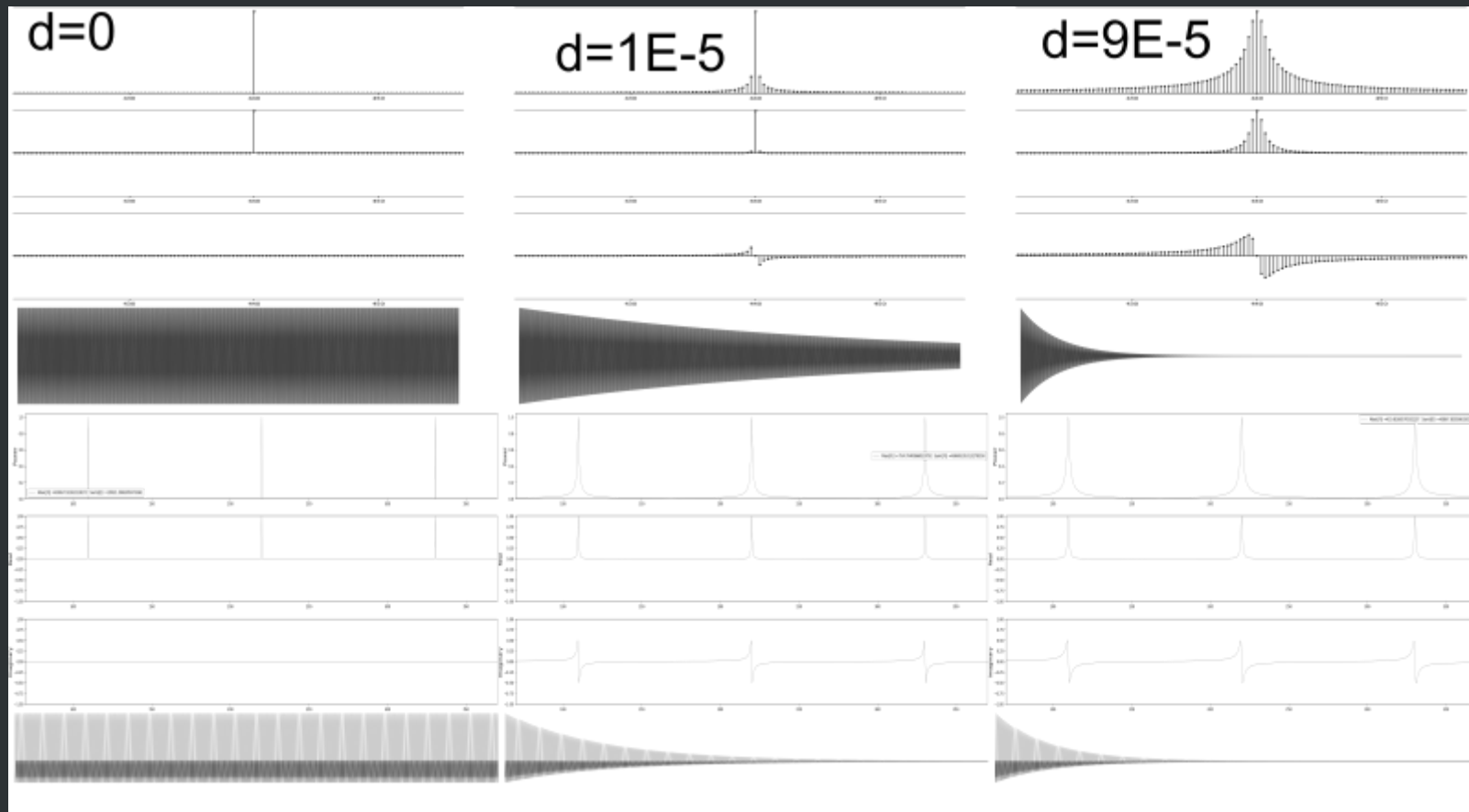
Referencial Teórico - DFT - SIMETRIA



Simetria Transformada de Fourier

Referencial Teórico - DFT

Decaimento: domínio da frequência x domínio do tempo



Decaimentos: ondas simples e compostas

Metodologia

Busca de amostras sonoras:

Variedade, Qualidade, Licença, Organização

Investigação dos modelos tradicionais

Implementação e análise

Domínio do tempo:

Redes Densas – Grid Search (Arquitetura, Função de ativação, Função de Otimização)

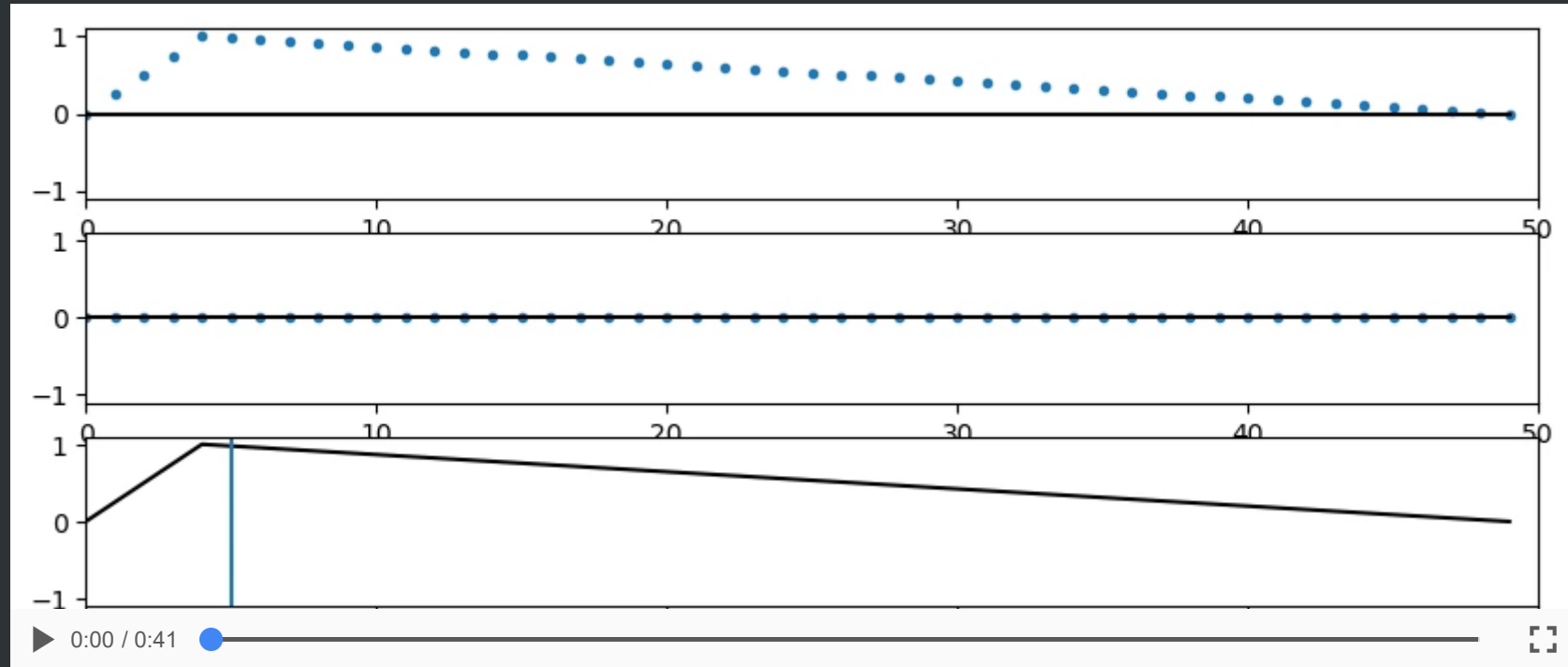
Redes Recorrentes + Convolução alisada

Domínio da Frequência:

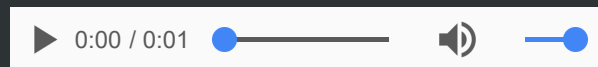
Busca por representações simplificadas

Aplicação direta de redes Densas | Aplicação fisicamente informada

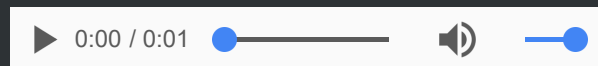
Metodologia - Modelos Tradicionais: Digital Waveguide



Digital Waveguide

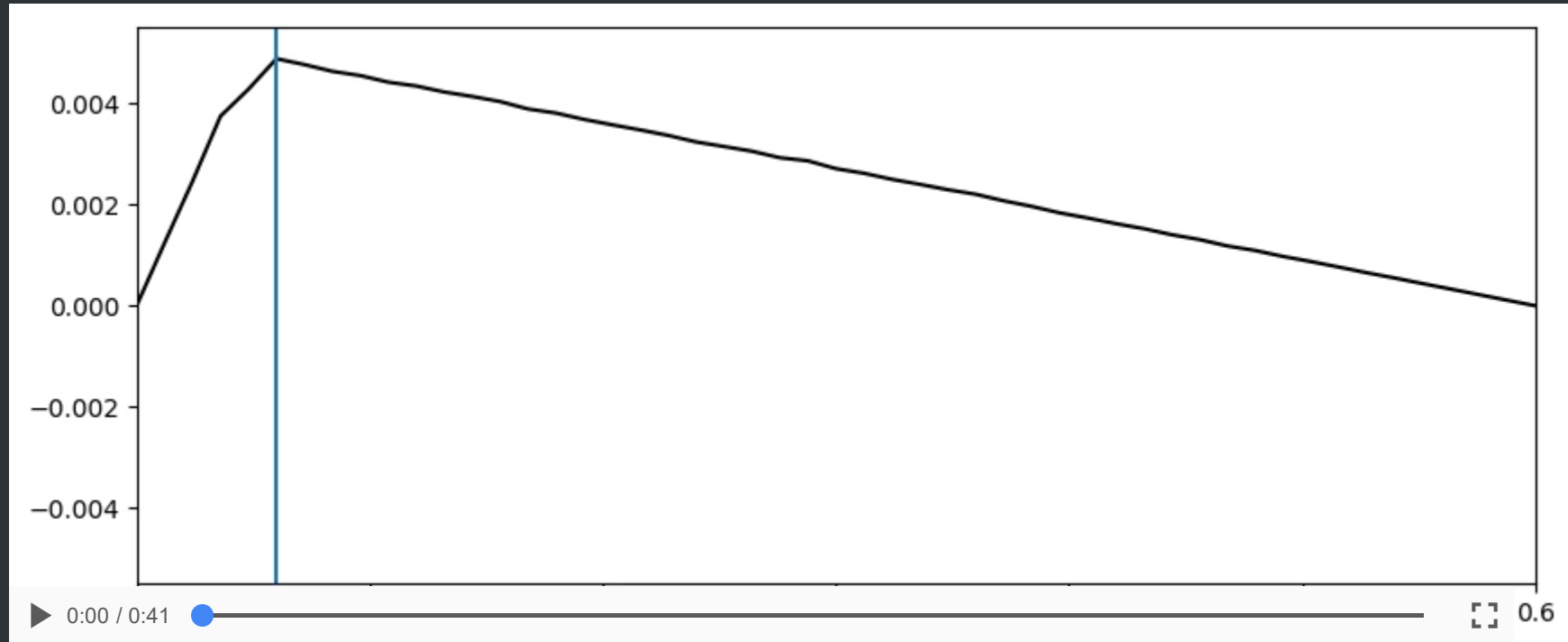


Amostra: 440 Hz, pluck 0.1, pick 0.1

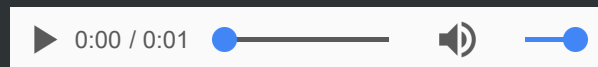


Amostra: 440 Hz, pluck 0.5, pick 0.5

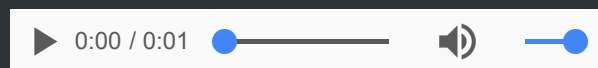
Metodologia - Modelos Tradicionais: Diferenças Finitas



Diferenças Finitas

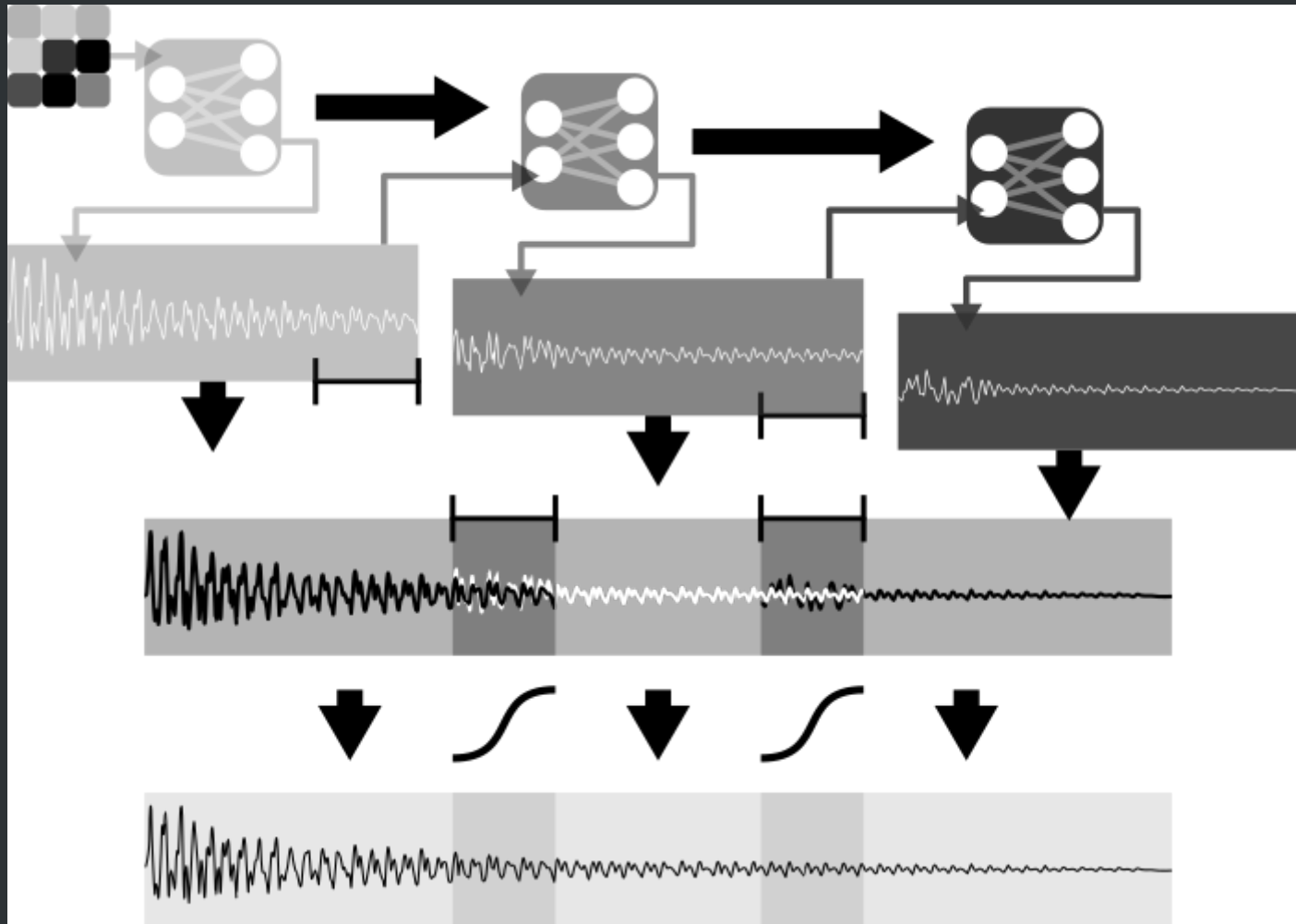


Amostra: 440 Hz, pluck 0.1, pick 0.1



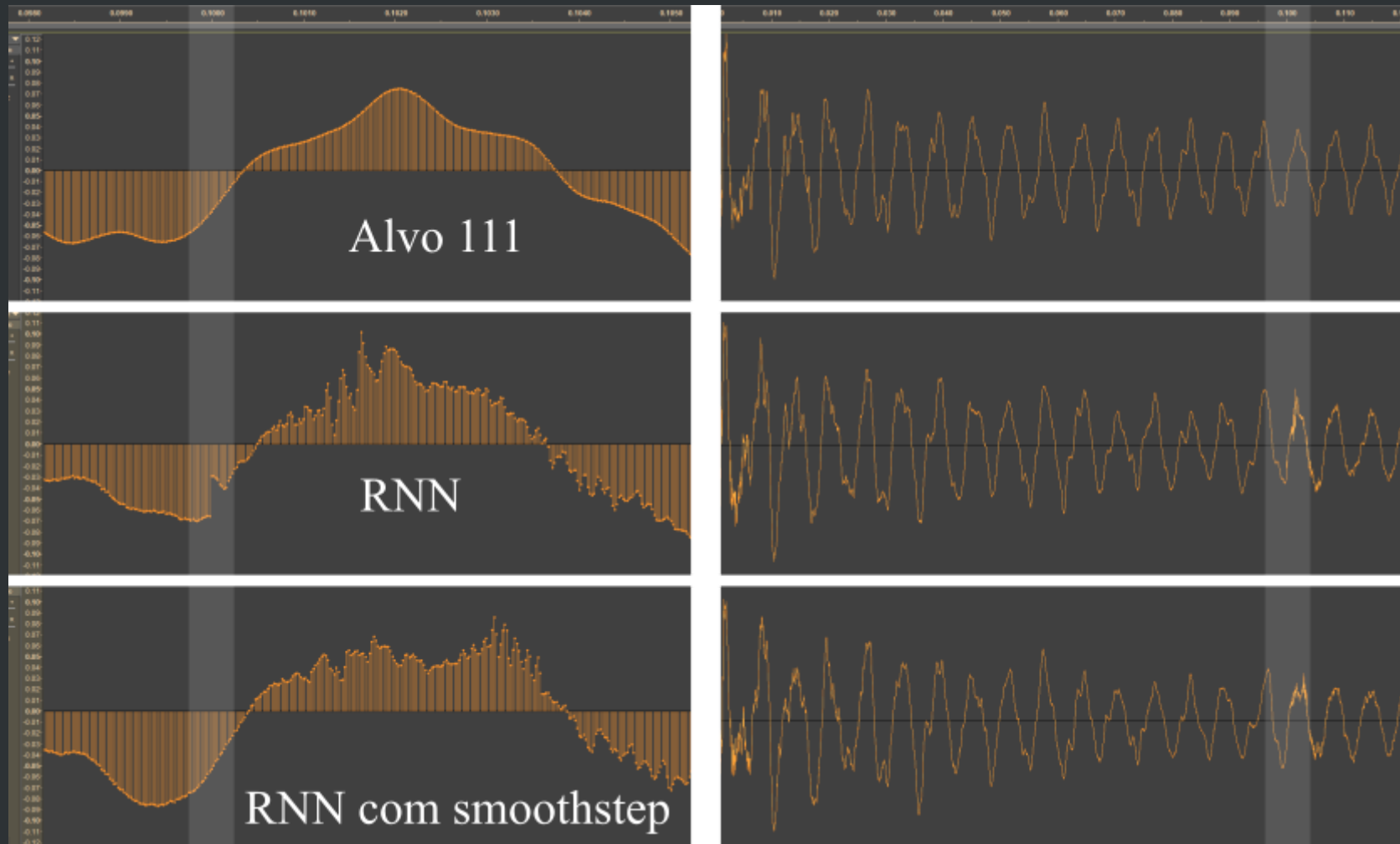
Amostra: 440 Hz, pluck 0.5, pick 0.5

Metodologia - Domínio do tempo:



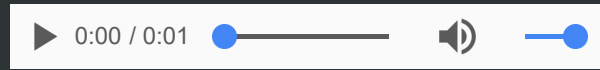
Convolução Alisada

Resultados - Domínio do tempo:

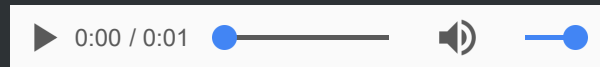


Descontinuidades

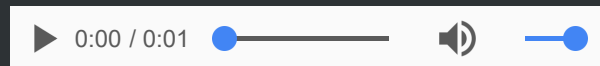
Resultados - Domínio do tempo:



Alvo



Resultado

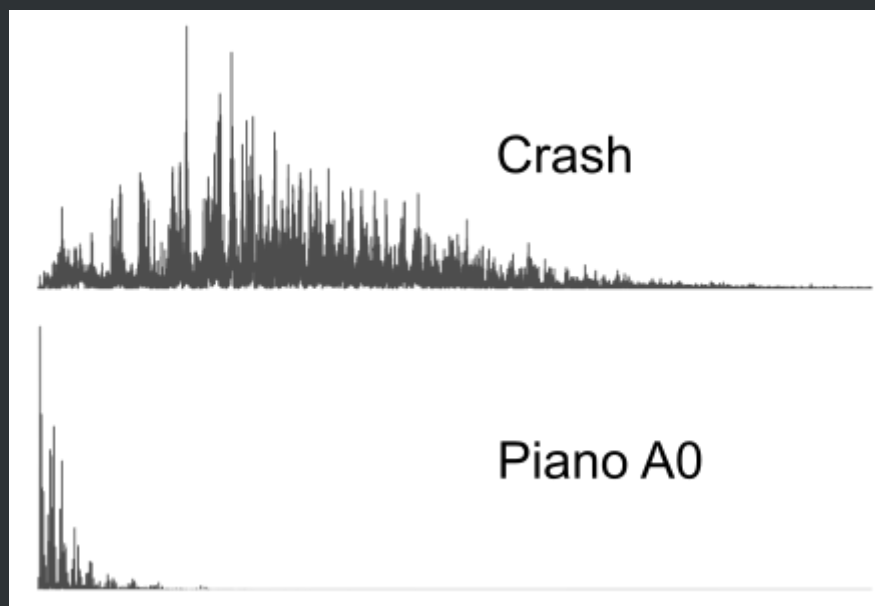


Resultado Alisado

Metodologia - Domínio da Frequência:

Método direto para sons mal comportados

Método fisicamente informado para sons harmônicos



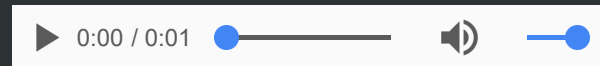
Espectros de frequência: Não harmônico x harmônico

Metodologia - Domínio da Frequência - Método Direto:

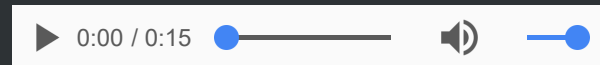
caixa, contratempo, tambores - 120 008 neurons, 1.4 Mb.

pratos - 360 008 neurons, 9 Mb.

redes com uma camada oculta

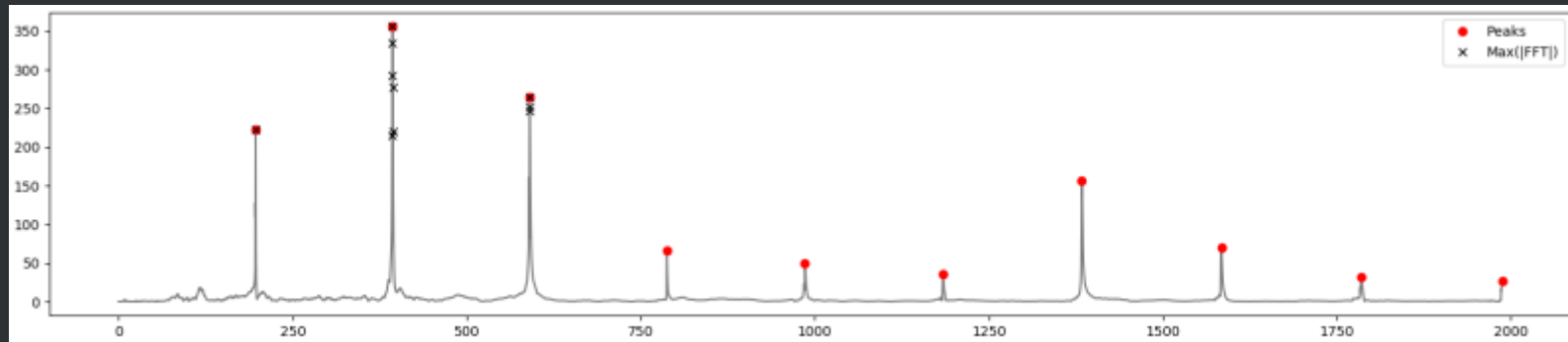


Dinâmica Caixa - Centro para Borda

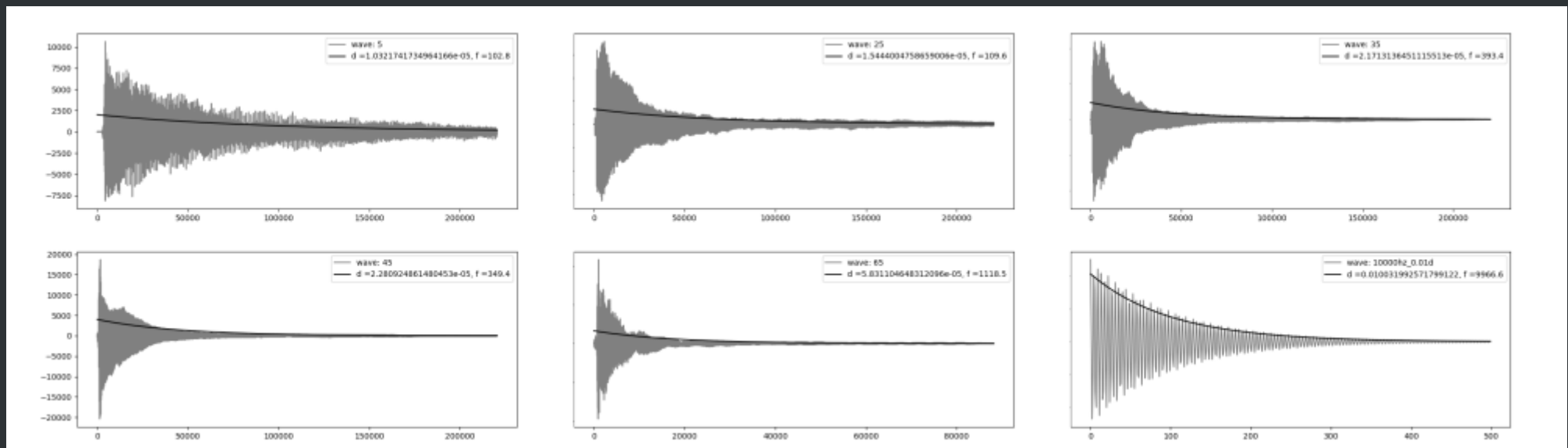


Dinâmica Contratempo - Fraco para Forte

Metodologia - Domínio da Frequência - Método Fisicamente Informado:



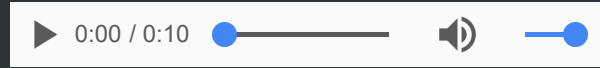
Identificação de picos



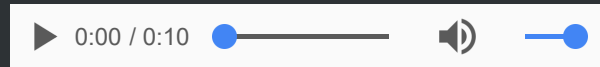
Identificação de decaimentos

Redes: amplitudes e decaimentos - 5 301 neurons, 100kb | frequências 261 neurons, 50 kb

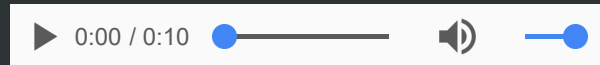
Metodologia - Domínio da Frequência - Método Fisicamente Informado:



Amostra Piano - tecla 01 A0

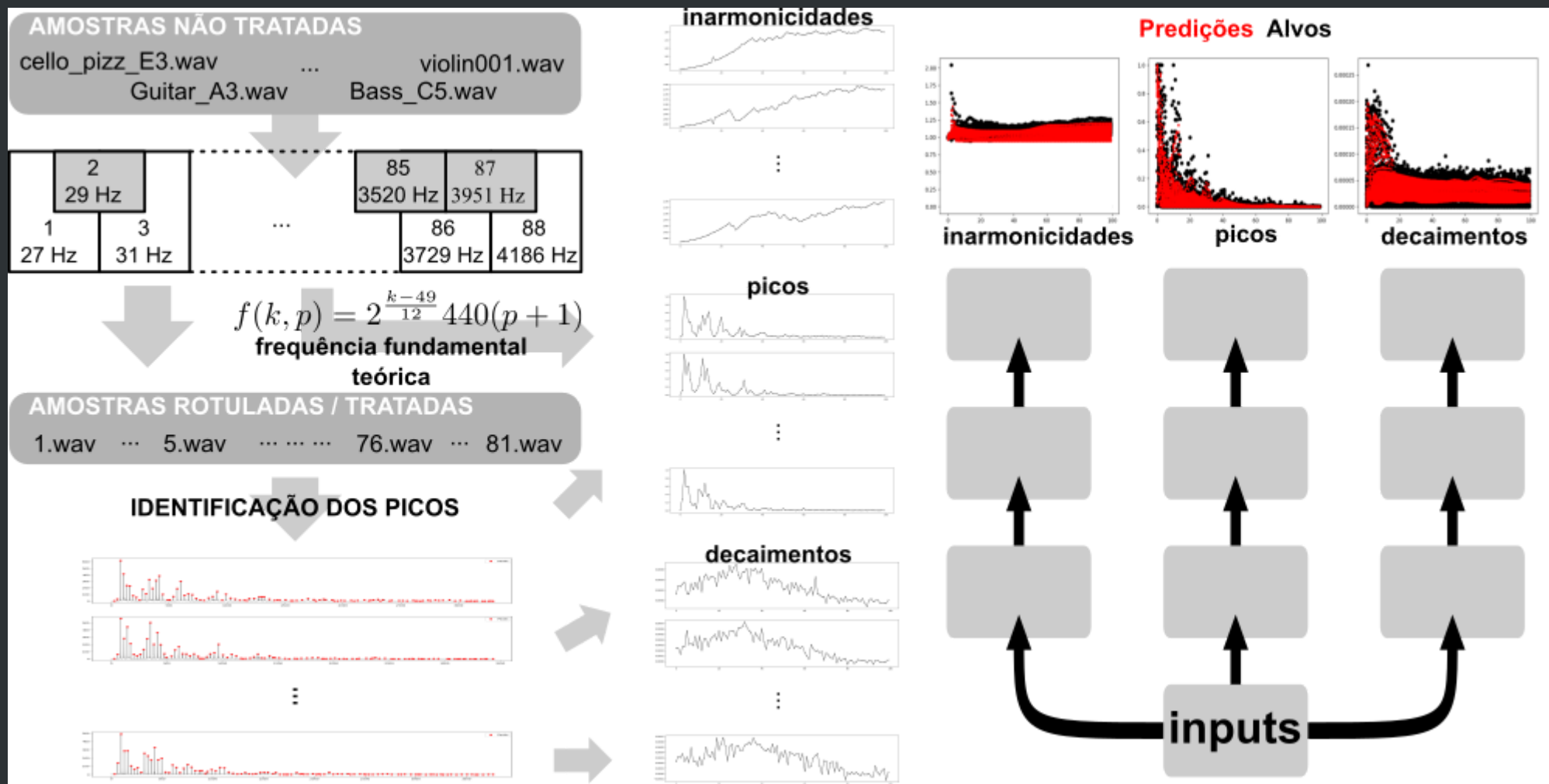


Amostra Piano - tecla 49 A4



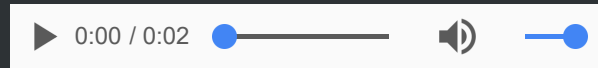
Amostra Piano - tecla 88 C8

Metodologia - Domínio da Frequência - Modelo Final:

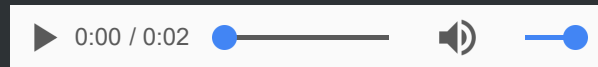


Modelo final

Metodologia - Domínio da Frequência - Modelo Final:



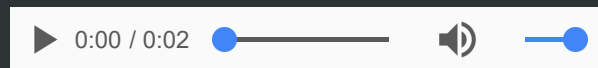
Amostra Híbrido - posição 13 A1



Amostra Híbrido - posição 18 D2



Amostra Híbrido - posição 40 C4



Amostra Híbrido - posição 88 C8

Resultados - Domínio da Frequência:

Método Direto:

Funcional para sons mal comportados (percussão)

Método Fisicamente informado:

Ideal para instrumentos harmônicos

Eficiência 10x maior do que Digital Waveguides
(implementação em Python)

Verossimilhança maior do que o método das diferenças
finitas

Conclusão

Contribuições:

Apresenta um modelo eficiente para modelagem acústica

Aponta uma nova área de pesquisa, na interseção entre acústica e redes neurais

Apresenta alguns potenciais e limitações dessa área, no domínio do tempo e da frequência

Interpretação geométrica da simetria da transformada discreta de Fourier aplicada à sinais no domínio real.

Relação entre envelopes (domínio do tempo) e formato das elevações (domínio da frequência)

Oportunidades de Pesquisa:

Desenvolvimento de um método de extração de envelopes (possivelmente analítico)

investigar transferência de estilo fazendo uso do método acima

Utilizar Diferenças Finitas para treinar um algoritmo “Neural Waveguides”

Utilizar ANNs no lugar de funções utilizadas em modelos acústicos mais elaborados

Paralelizar as redes