

MusiK: Um Ambiente Inteligente de Auxílio à Composição

Fernando Pinhati Júnior

¹Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – Unirio

fernando.junior@uniriotec.br

Abstract. *The MusiK project is a Computer Aided Composition tool based on Artificial Neural Networks. Developed from traditional harmony rules, its main goal is pointing out harmonic problems found in musical pieces. The use of MusiK makes the composition process faster, allowing to the musician gives his focus to the melodic idea and get advice about the harmony, minimizing time spend with manual revisions.*

Resumo. *O MusiK é uma ferramenta de auxílio à composição musical baseada em Redes Neurais Artificiais (RNA). Desenvolvido a partir de regras da harmonia tradicional, o objetivo do MusiK é indicar os problemas harmônicos encontrados em composições musicais a ele apresentadas. O uso do MusiK pode tornar mais ágil e produtivo o processo de construção musical, ao permitir que o músico concentre-se na ideia melódica, obtendo assessoria quanto à harmonia, minimizando o trabalho de revisão manual.*

1 Introdução

Compor música envolve diversas habilidades e requer muitos conhecimentos como, por exemplo, teoria musical, técnicas de instrumentos, domínio de estéticas diversas e harmonia. Existem vários tipos e estilos de composição, muitos destes com recomendações amplamente aceitas por terem sido utilizadas por compositores de renome ou terem sido objetos de estudo de algum pesquisador de grande relevância, e que auxiliam na coerência da disposição de sons. É o caso da harmonia tradicional, originado no período clássico e estudado por vários autores como Arnold Schoenberg (1910) e Paul Hindemith (1942).

Ainda nos dias de hoje, é comum a utilização do processo manual de revisão de composições musicais para a validação da harmonia empregada na obra em relação ao estilo musical proposto. Ferramentas que auxiliem este tipo de trabalho são muito úteis, pois tornam o processo de composição menos custoso e, podendo inclusive, melhorar a qualidade da criação musical. As ferramentas atuais com este fim são escassas (ANDERS, 2007), e focam-se principalmente na geração automática de trechos musicais harmonizados, dada certa melodia, o que limita o uso da criatividade e do estilo próprio do compositor.

Uma ferramenta que tenha um maior foco na validação de boas práticas harmônicas pode auxiliar um músico a criar obras que preservam seu estilo e, ao mesmo tempo, revisar seu trabalho. Esta revisão pode ser sistematicamente empregada tanto no processo de composição musical, já citado, quanto também no processo de ensino-aprendizagem de estilos musicais, quando uma ferramenta com este foco é utilizada na instrução de aprendizes.

Diante do exposto, este artigo tem como objetivo descrever o MusiK, ambiente computacional inteligente voltado à validação harmônica de obras musicais. Baseado em Redes Neurais Artificiais (RNAs), o MusiK procura aprender algumas boas práticas da harmonia tradicional, durante a fase de treinamento, e permite utilizar este conhecimento absorvido para avaliar composições musicais e indicar problemas harmônicos. A seção 2 detalha o funcionamento do MusiK e a seção 3 descreve os resultados obtidos nos experimentos, além de apresentar a conclusão do trabalho.

2 Funcionamento do Ambiente

A rede neural artificial (RNA) do MusiK, principal componente do ambiente, recebe uma entrada com dois acordes, composta pelas seguintes informações:

- **Tonalidade** – Apenas as tonalidades maiores e menores naturais, ou seja sem acidentes na nota fundamental, são tratadas pelo projeto. Três bits, em representação binária, ou um número na decimal são suficientes.

- **Grau** – Os graus são sete (I, II, III, IV, V, VI, VII). Portanto, ocupam três bits ou um número também.

- **Intervalo** – Os intervalos possuem três elementos: o salto, a classificação e a oitava. O salto pode ser de 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a, 6^a ou 7^a (três bits ou um número decimal). A classificação varia entre maior, menor, aumentado, diminuto ou justo, ou seja, pode representada também por um conjunto de três bits ou um número decimal. As oitavas são oito, representando todo o intervalo de notas da escala geral. Por tudo isso, os intervalos precisam de nove bits ou três números decimais para serem representados.

- **Passagem** – Uma passagem é considerada neste projeto como um intervalo entre as notas dos dois acordes de um trecho. Porém, é necessário anotar também qual o tipo de movimento está acontecendo na passagem, isto é, se é um movimento ascendente ou descendente. Esta última informação acrescenta mais um bit ou um número para a representação de passagem, além dos nove bits ou três números decimais do intervalo.

- **Acorde** – Um acorde é representado pelo grau da fundamental e pelos três intervalos nele contido.

Para contemplar estas informações, foi definida uma entrada padrão (E1) composta por 103 bits ou 17 números decimais. A partir deste modelo, foram derivadas outras 3 entradas (E2, E3, E4) respectivamente: uma entrada base com reforço (repetição) do grau de cada nota no acorde (121 neurônios, binária, valores -1 ou 1); uma entrada base com normalização (17 neurônios, inteira, valores entre -1 e 1); e uma entrada base com reforço normalizada (23 neurônios, inteira, valores entre -1 e 1). O elemento de reforço é proposto em algumas entradas (E2 e E4) com o objetivo de melhorar o nível de informação harmônica para a melhor análise em algumas regras. A técnica de normalização sugerida em E3 e E4 reduz o intervalo numérico para -1 a 1, mantendo a proporção entre as distâncias originais entre os valores decimais primários.

Como saída, a rede acusa a presença ou ausência de um problema harmônico específico. O valor de ativação de cada neurônio de saída é dividido em três classes:

- Presença de problema harmônico: de -1,00 a -0,40.
- Resultado não conclusivo (dúvida): de -0,39 a 0,39.

- Ausência de problema harmônico: de 0,40 a 1,00.

O índice de acertos da rede será dado apenas pelo número de trechos com e sem problemas harmônicos avaliados com exatidão.

Um conjunto com 500 exemplos contendo diversos erros harmônicos foi elaborado. Neste conjunto, foram construídos aproximadamente 50 exemplos para cada uma das regras harmônicas avaliadas (tabela 1), de forma única - apenas infringindo determinada regra - ou mista - um exemplo contendo problemas em mais de uma regra.

Outro conjunto contendo 150 exemplos, diferentes dos primeiros, foi também elaborado. Este conjunto foi utilizado para medir a taxa de generalização da rede já construída, ao simular exemplos diferentes daqueles utilizados no treinamento. O treinamento das redes foi efetuado no ambiente MatLab¹.

No treinamento, foi utilizado o algoritmo de *Gradient Descent Backpropagation with Adaptive Learning Rate* (chamado de *traingdx* no MatLab), que é um algoritmo de treinamento com uma proposta de *backpropagation* otimizada, utilizando taxa de aprendizado adaptável que muda ao longo do processo de treinamento com objetivo de chegar mais rápido aos valores mínimos de erro.

Como alternativa, foi também avaliado como algoritmo de treinamento o *backpropagation* baseado no gradiente conjugado escalonado. Gradiente conjugado escalonado (chamado de *trainscg* no MatLab) é baseado no trabalho de Moller (1993) e tem o objetivo de minimizar o tempo de convergência e otimização da rede.

As regras harmônicas treinadas estão descritas na tabela 1.

Tabela 1 - Regras harmônicas experimentadas

Nº	Descrição	Nº	Descrição
R01	Notas repetidas em sequência	R07	Vozes em uníssonos em sequência
R02	Duplicação da terça do acorde	R09	Salto das quatro vozes por movimento direto
R03	Inversão de Vozes	R12	Salto resultando em quarta aumentada ou quinta diminuta
R06	Vozes em oitavas em sequência	R13	Salto maior que uma quinta, exceto no Baixo.

Estas regras foram extraídas do curso condensado de harmonia tradicional de Hindemith (1942).

3 Resultados e Conclusões

Para cada tipo de entrada, foram geradas redes para cada uma das oito regras definidas no escopo e escolhidas as melhores, i.e., aquelas que apresentaram o maior percentual de acertos.

Na execução dos experimentos nas melhores redes, foi possível perceber que o modelo de entrada E1 foi o que se mostrou mais generalizado, obtendo o melhor resultado em um maior número de regras (R01, R12 e R13). O gráfico abaixo (figura 1) ilustra este resultado.

¹ <http://www.mathworks.com/products/matlab/>

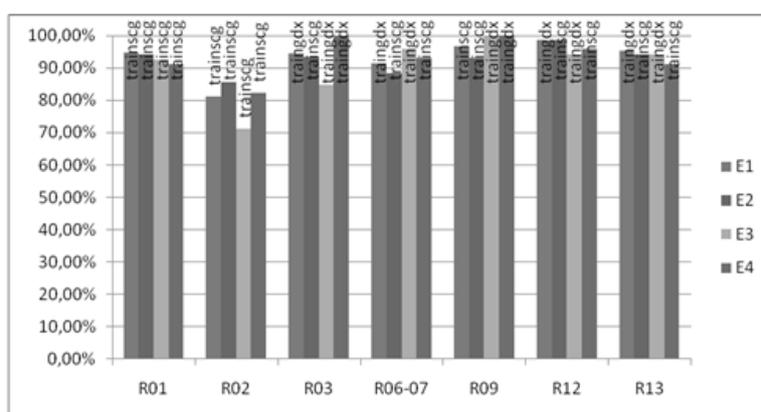


Figura 1 – Percentual de acerto das melhores redes por regra

A regra que apresentou o pior índice de acertos após o treinamento foi a R02. Coincidentemente, o modelo com reforço (E2) apresentou melhores resultados justamente nesta regra. Daí é possível especular que tal modelo pode ser um bom ponto de partida para estudos de futuras otimizações na rede especialista que avalia a R02.

Com os resultados obtidos, conclui-se que é possível desenvolver um sistema de composição auxiliada por computador (CAC) que utilize Redes Neurais Artificiais como validadores harmônicos inteligentes. Para todas as regras experimentadas, o modelo proposto nesta solução apresentou índices de acerto consideráveis e por isso podem ser utilizados como base para posterior complementação de informações que atendam as demais regras harmônicas que venham a ser incorporadas ao MusiK.

Neste projeto, trabalhou-se com várias restrições (tonalidades limitadas, não consideração de notas de passagem, não detecção de notas estranhas, sem modulações) e em cima da harmonia tradicional apenas. Com a inclusão de outros recursos, como a verificação de outras regras harmônicas básicas, regras do contraponto (harmonia horizontal), detecção de formatos de composição (forma sonata, por exemplo), detecção de encadeamentos harmônicos, é possível utilizar o MusiK como ferramenta de apoio ao ensino de análise e composição musical. Porém, para alcançar o uso profissional, outros estilos harmônicos devem ser disponibilizados, incluindo uma possível funcionalidade de absorção do estilo do próprio usuário compositor durante a utilização da ferramenta. Tais recursos podem ser construídos em versões futuras do ambiente aqui proposto.

Referências

- ANDERS, T. (2007) *Composing Music by Composing Rules: Design and Usage of a Generic Music Constraint System*, Tese de Ph.D em Tecnologia Musical, School of Music & Sonic Arts, Queen's University Belfast.
- SCHOENBERG, A. (1910) *Harmonia*, 1ª ed., UNESP, 2002.
- HINDEMITH, P. (1942) *Curso Condensado de Harmonia Tradicional*, 13ª ed, Irmãos Vitale, 1998.
- MOLLER, M. F. (1993) *A scaled conjugate gradient algorithm for fast supervised learnig*.