

Universidade Estadual de Campinas

Departamento de Estatística

ME415 - Método Científico e Técnicas de Pesquisa

Professora Nancy L. Garcia

O Impacto da Música de Fundo no Desempenho Cognitivo

Luiz Felipe Nunes - 255403

Enzo Putton Tortelli - 204256

Felipe Camilo de Queiroz - 222006

Felipe Scalabrin Dosso - 236110

Décio Miranda Filho - 236087

Conteúdo

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introdução | 2 |
| 2 | Resumo | 3 |
| 3 | Materiais e Métodos | 4 |
| 3.1 | Planejamento e Procedimentos | 4 |
| 3.2 | Banco de dados | 5 |
| 3.3 | Modelo Experimental | 5 |
| 3.4 | Análise Descritiva | 6 |
| 4 | Resultados | 9 |
| 5 | Conclusão | 11 |

1 Introdução

A música é uma forma de expressão universal que, além de ser uma fonte de entretenimento, tem demonstrado impacto significativo em diversos aspectos do comportamento humano, incluindo o desempenho cognitivo. Estudos prévios, como os de Alley e Greene (2008) e Salamé e Baddeley (1989), sugerem que a música, especialmente com letras, pode competir pelos recursos cognitivos utilizados em tarefas de memória de curto prazo, reduzindo o desempenho dos indivíduos.

Entretanto, as dimensões emocionais da música, como valência (*valence*) e excitação (*arousal*), ainda são pouco exploradas em relação à sua influência no desempenho cognitivo. Trabalhos mais recentes, como o de Cheah et al. (2022), destacam a relevância de investigar esses fatores, uma vez que diferentes composições musicais podem induzir estados emocionais variados, os quais, por sua vez, podem impactar processos cognitivos de maneira distinta.

Neste estudo, investigamos o efeito de diferentes tipos de música instrumental sobre o desempenho cognitivo, medido por meio de tarefas de *serial recall*. Foram avaliadas composições de Grieg, Tchaikovsky, Schumann e Strauss, além de uma condição controle sem música. Este trabalho busca contribuir para a literatura, destacando como as características emocionais da música podem afetar a memória de curto prazo.

2 Resumo

Este estudo investigou a influência de diferentes tipos de música instrumental no desempenho cognitivo de alunos do curso ME415 da UNICAMP, medido por meio de tarefas de *serial recall*. A pesquisa considerou o impacto das dimensões de diferentes músicas que variam em valência e excitação musical. Utilizando um delineamento experimental balanceado, os participantes foram expostos a composições de Grieg, Tchaikovsky, Schumann e Strauss, além de uma condição controle sem música.

Os resultados, analisados via ANOVA, não evidenciaram diferenças significativas no desempenho entre os grupos, sugerindo que o tipo de música instrumental, conforme os estímulos testados, não afeta substancialmente a memória sequencial em curto prazo e a concentração dos alunos. No entanto, desafios como o controle prejudicado e limitações no tamanho da amostra reforçam a necessidade de estudos adicionais para validar essas conclusões.

A pesquisa contribui para a literatura ao destacar a relevância do controle experimental rigoroso e a complexidade dos efeitos emocionais da música no desempenho cognitivo.

3 Materiais e Métodos

3.1 Planejamento e Procedimentos

O delineamento do experimento foi traçado com o objetivo de avaliar os efeitos das músicas com diferentes características e a suas discrepâncias do controle, sendo assim, a one-way anova balanceada é um modelo adequado para a análise. Definimos o fator estímulo ao qual serão submetidos os pesquisados com 5 níveis: Controle, Grieg, Tchaikovsky, Schumann e Strauss; onde o nível controle é o grupo sem música, e os outros níveis são grupos expostos à música do referenciado compositor.

O experimento foi realizado com 15 participantes, selecionados aleatoriamente entre os estudantes da disciplina ME415_2024S2. Todos os registros acadêmicos (RAs) dos alunos da turma foram incluídos em um sorteio, do qual foram escolhidos os 15 participantes que participaram do estudo. Eles foram alocados aleatoriamente entre os cinco níveis do fator estímulo.

As músicas escolhidas foram as seguintes:

| Compositor | Composição | Valência | Excitação |
|-------------|--------------------------|----------|-----------|
| Grieg | Aase's death (Peer Gynt) | Baixa | Baixa |
| Tchaikovsky | Symphony No. 6 | Baixa | Alta |
| Schumann | Traumerei | Alta | Baixa |
| Strauss | Unter Donner und Blitz | Alta | Alta |

Tabela 1: Tabela das composições utilizadas e suas características musicais.

É importante ressaltar que as músicas escolhidas são instrumentais, dado que o impacto de música com letra nesse tipo de teste já está estabelecido.

Para a condução do experimento, foi desenvolvido um site interativo utilizando o pacote `plumber` no R, que permite a seleção das músicas de fundo e a coleta de dados para análise. O código-fonte do projeto está disponível publicamente no GitHub, no seguinte link: <https://github.com/enzoportelli/mr-test>. Abaixo estão as instruções para configuração e uso do site:

1. Certifique-se de que o software R esteja instalado no computador.
2. Abra o prompt de comando (ou terminal) e execute o seguinte comando para clonar o repositório GitHub:
`git clone https://github.com/enzoportelli/mr-test`.
3. Após o clone, abra o projeto R chamado `mr-test` em seu computador.
4. Baixe as músicas disponíveis no link: <https://drive.google.com/drive/folders/1Tu1NAqYkX9RcMop4CdCvm1w4oNBtCr9K>.
5. Coloque o arquivo `musica_treinamento.flac` na pasta `static/music/volume_test`.
6. Coloque as outras quatro músicas na pasta `static/music/mr_test`.
7. Inicie o servidor `plumber` executando o script `plumber.R`.
8. Acesse o site no endereço `localhost:5555/escolha-musica`.
9. Realize os testes e, ao final, verifique o arquivo gerado em `data/db.csv`, onde os dados coletados serão armazenados.

Cada participante realizou oito testes de *serial recall*, onde cada teste consistia em lembrar uma sequência de nove dígitos sob um dos tratamentos. Além disso, antes de começarem os testes, cada participante fez um treinamento consistindo de duas sequências de nove dígitos, onde aqueles que estavam no controle não escutavam música, enquanto os outros escutavam uma música diferente da que seria tocada durante os testes. Todos os participantes (inclusive os do grupo controle) usaram o mesmo fone de ouvido para que o tratamento fosse aplicado. Também, essas outras condições experimentais foram controladas para garantir a padronização:

- **Tempo de exibição dos dígitos:** cada dígito foi exibido por 1 segundo.
- **Intervalo entre os dígitos:** um intervalo de 0,3 segundos foi mantido entre a exibição de cada dígito.
- **Tempo de resposta:** após a exibição de todos os dígitos, os participantes tiveram 20 segundos para reproduzir a sequência.
- **Tempo para iniciar o teste:** antes do início de cada sequência, houve um intervalo de 10 segundos para que desse tempo de o participante perceber a música.
- **Intervalo entre testes:** entre cada sequência, foi estabelecido um intervalo de 3 segundos.

Os testes foram realizados durante uma das aulas da matéria, não sendo, portanto, um ambiente controlado.

3.2 Banco de dados

Após o tratamento e a organização dos dados coletados, a base final utilizada no experimento apresenta as seguintes variáveis: **ordem**, que indica a sequência dos registros; **id**, correspondente ao identificador único do participante; **pontuação**, representando o desempenho na tarefa de memória sequencial; e **música**, indicando a condição experimental (música ou controle). A Tabela 2 apresenta os dados estruturados:

| ordem | id | pontuacao | musica |
|-------|-----------|-----------|---------------|
| 1 | 214249463 | 26 | musica_1.flac |
| 2 | 39634724 | 27 | musica_4.flac |
| 3 | 483741990 | 52 | musica_3.flac |
| 4 | 287559828 | 46 | musica_1.flac |
| 5 | 670182474 | 60 | musica_4.flac |
| 6 | 952276490 | 48 | musica_1.flac |
| 7 | 725280374 | 51 | controle |
| 8 | 399048664 | 38 | musica_2.flac |
| 9 | 967493946 | 48 | controle |
| 10 | 286832714 | 37 | musica_3.flac |
| 11 | 698843033 | 39 | controle |
| 12 | 210919666 | 40 | musica_2.flac |
| 13 | 790378859 | 63 | musica_2.flac |
| 14 | 535137884 | 35 | musica_3.flac |
| 15 | 313884205 | 52 | musica_4.flac |

Tabela 2: Estrutura da base de dados do experimento.

3.3 Modelo Experimental

Nos estudos os dados obtidos foram submetidos ao seguinte modelo linear

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

onde

- y_{ij} é a quantidade total de acertos do j-ésimo participante no i-ésimo estímulo;
- μ é a média geral;
- τ_i é o efeito do i-ésimo tratamento;
- ϵ_{ij} é o erro aleatório associado a observação ij;
- Os erros são independentes e idênticamente distribuídos, com distribuição $N(0, \sigma^2)$;

- $\sum_{\forall i} \tau_i = 0$.

Adicionalmente, a variável **personalidade** (classificada como “introvertido” ou “extrovertido”) foi inicialmente incluída no modelo como um bloco incompleto desbalanceado no delineamento experimental. Este método visava controlar a variabilidade entre os participantes, atribuindo parte da variação total ao efeito das características individuais.

No entanto, o desbalanceamento nos níveis desta variável apresentou desafios para a análise:

- O número desigual de participantes em cada categoria de personalidade reduziu o poder estatístico, dificultando a estimativa precisa dos efeitos da personalidade;
- Como resultado, os efeitos da variável *personalidade* não foram explorados no modelo final, e a análise foi concentrada nos efeitos principais dos estímulos musicais.

A análise de variância (ANOVA) foi realizada para verificar se existiam diferenças significativas nas pontuações entre os diferentes grupos experimentais, considerando os estímulos musicais como o fator principal. A ANOVA foi realizada com base no modelo linear descrito anteriormente.

Por fim, para validar as suposições do modelo, foram realizadas análises de resíduos, incluindo:

- Verificação da normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk e gráficos de Q-Q plot);
- Teste de homogeneidade de variâncias entre os grupos (teste de Levene);
- Avaliação da independência dos resíduos (teste de Durbin-Watson).

3.4 Análise Descritiva

Em primeira análise, pode-se criar concepções iniciais acerca do problema analisando a características da amostra

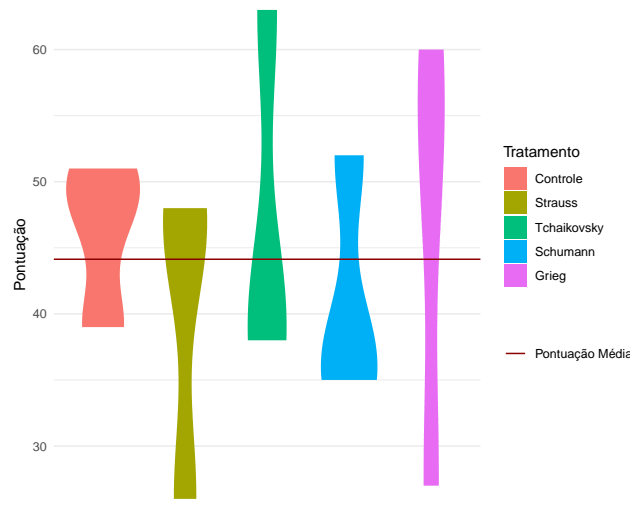


Figura 1: Gráfico de violino da pontuações observadas coloridas por fatores e comparados a média geral

Neste contexto, na figura 1 percebemos poucos indícios de efeitos não nulos, além de possíveis características indesejadas da amostra como a falta de homocedasticidade da variância. Dessa forma, faz-se relevante, para o diagnóstico do modelo, que testemos a normalidade dos resíduos por meio do teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade pelo teste de Levene, ambos a um nível de confiança de 95%.

Além disso, um gráfico de boxplot foi gerado para analisar a distribuição das pontuações observadas em cada grupo de tratamento. O gráfico de boxplot fornece uma visão adicional sobre a dispersão e a presença de outliers nos dados.

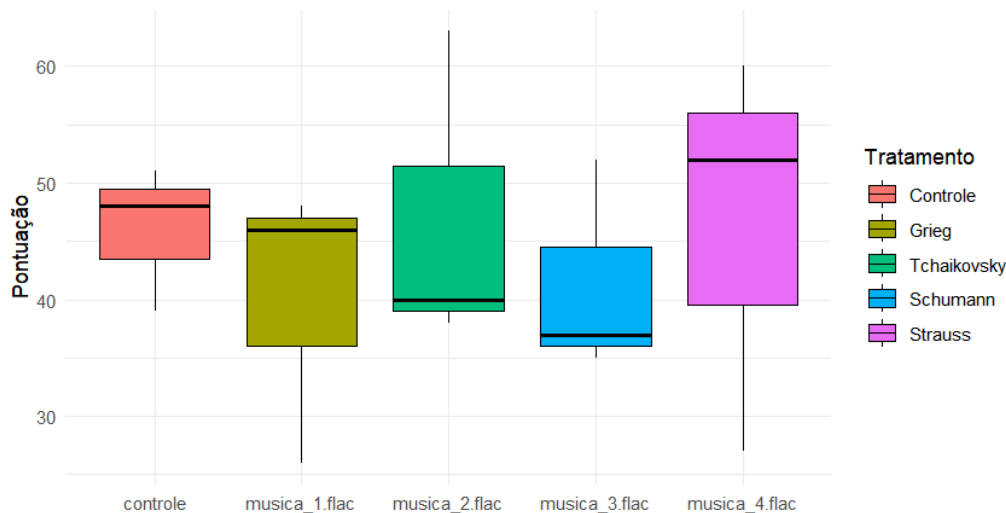


Figura 2: Gráfico de boxplot das pontuações observadas, categorizadas por tratamentos.

A partir do gráfico de boxplot apresentado na Figura 2, é possível observar as seguintes características para cada tratamento musical:

- **Controle:** A distribuição das pontuações é estreita, com a mediana em torno de 48. A variabilidade é baixa, indicando uma concentração de respostas próximas à média.
- **Música 1:** Apresenta maior dispersão, com a mediana ao redor de 46. A amplitude entre os valores mínimo e máximo é considerável, sugerindo maior variabilidade nas respostas.
- **Música 2:** A mediana é 47, com uma amplitude ampla, destacando-se pelo valor máximo de 63. Isso indica uma maior variabilidade entre as pontuações desse grupo.
- **Música 3:** A mediana é em torno de 41, com uma distribuição mais compacta e menor dispersão em comparação aos outros tratamentos.
- **Música 4:** Apresenta a maior dispersão, com a mediana de 52. A amplitude é ampla, com um valor máximo de 60, refletindo um efeito mais polarizado entre os participantes.

A tabela a seguir apresenta o resumo das estatísticas descritivas para as pontuações observadas em cada grupo de música:

| Música | Média | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo | Q1 | Mediana | Q3 |
|----------|-------|---------------|--------|--------|------|---------|------|
| Controle | 46.0 | 6.24 | 39 | 51 | 43.5 | 48 | 49.5 |
| Música 1 | 40.0 | 12.2 | 26 | 48 | 36 | 46 | 47 |
| Música 2 | 47.0 | 13.9 | 38 | 63 | 39 | 40 | 51.5 |
| Música 3 | 41.3 | 9.29 | 35 | 52 | 36 | 37 | 44.5 |
| Música 4 | 46.3 | 17.2 | 27 | 60 | 39.5 | 52 | 56 |

Tabela 3: Resumo das estatísticas descritivas das pontuações observadas por grupo de música.

As estatísticas descritivas apresentadas na Tabela 3 indicam variações nas pontuações observadas entre os diferentes tratamentos musicais. Observa-se que as médias das pontuações variam entre 40 e 47, com o tratamento "Música 2" apresentando a maior média (47), enquanto "Música 1" teve a menor (40). A dispersão

das pontuações, medida pelo desvio padrão, é mais pronunciada nos tratamentos "Música 1"(12.2) e "Música 4"(17.2), indicando maior variabilidade dentro desses grupos.

Além disso, a comparação entre os valores mínimo e máximo sugere que os tratamentos "Música 1" e "Música 2" apresentam uma maior amplitude nas pontuações. O tratamento "Música 2" tem um valor máximo de 63, enquanto "Música 1" apresenta um valor mínimo de 26. Em contraste, o tratamento "Controle" tem uma faixa de pontuações mais restrita (39 a 51), refletindo uma distribuição mais concentrada ao redor da média.

Os quartis (Q1, Mediana e Q3) fornecem informações adicionais sobre a forma das distribuições. No tratamento "Música 2", observa-se uma leve assimetria à direita, com a mediana (40) sendo consideravelmente menor que a média (47). Em "Música 4", a mediana (52) está ligeiramente acima da média (46.3), o que pode indicar uma tendência de valores mais altos no grupo.

4 Resultados

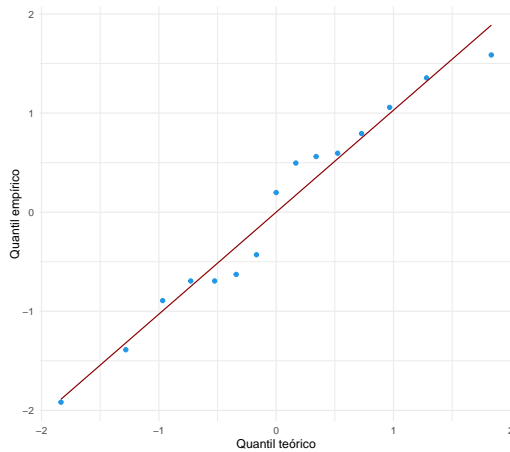
A análise dos resultados foi realizada com base na Tabela de ANOVA (Tabela 4), que apresenta a comparação entre as fontes de variação e seus respectivos efeitos no desempenho dos tratamentos musicais. A tabela inclui os valores de Soma de Quadrados, Quadrados Médios, Valor F e o p-valor para cada fonte de variação.

| Fonte de Variação | GL | Soma de Quadrados | Quadrados Médios | Valor F | Pr(>F) |
|-------------------|----|-------------------|------------------|---------|--------|
| musica | 4 | 124.40 | 31.10 | 0.20 | 0.9305 |
| Residuals | 10 | 1525.33 | 152.53 | | |

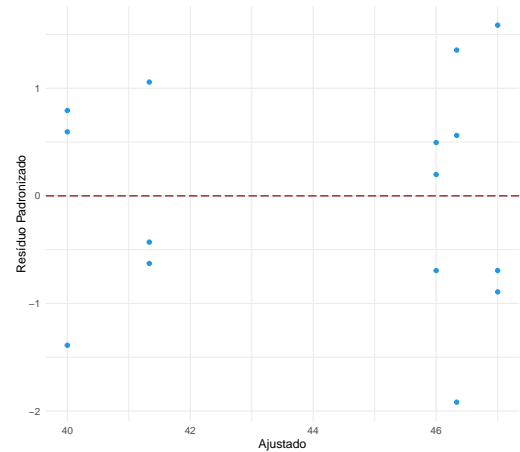
Tabela 4: Tabela da ANOVA

O p-valor obtido para o teste F da ANOVA foi 0.9305, que é significativamente maior que o nível de significância ($\alpha = 0.05$). Isso indica que não há evidência estatística suficiente para rejeitar a hipótese nula, que afirma que não existem diferenças significativas entre os tratamentos musicais e o controle. Em outras palavras, os tratamentos musicais não tiveram um efeito significativo na memória de curto prazo e na concentração dos participantes.

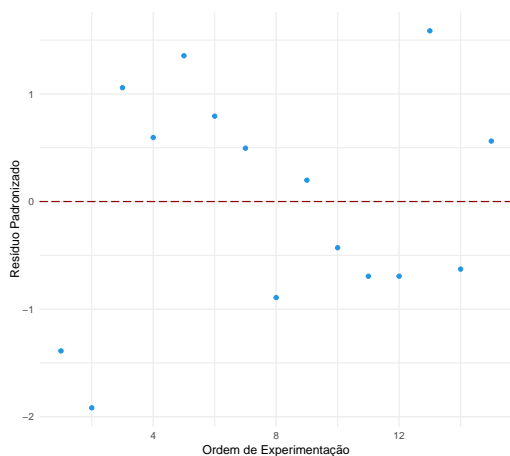
A análise dos resíduos foi realizada para avaliar a adequação do modelo e verificar se as suposições da ANOVA foram atendidas, como a normalidade e a homocedasticidade dos resíduos.



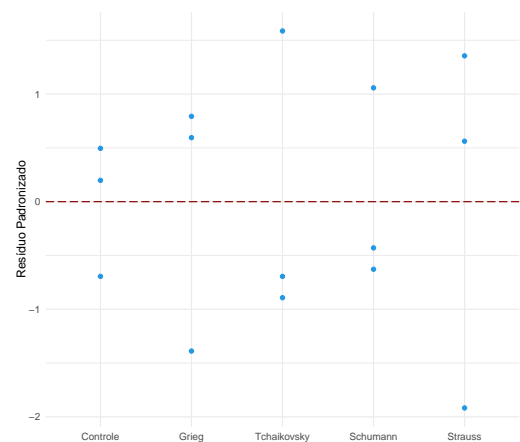
(a) QQPlot dos resíduos



(b) Resíduos pelos valores ajustados



(c) Resíduos pela ordem de experimentação



(d) Resíduos por nível de estímulo

Figura 3: Análise de resíduos

- **Figura 3a - QQPlot dos resíduos:** O gráfico QQPlot exibe os resíduos contra a distribuição normal teórica. A linearidade observada na linha vermelha indica que os resíduos seguem uma distribuição aproximadamente normal, o que valida a suposição de normalidade dos resíduos.

- **Figura 3b - Resíduos pelos valores ajustados:** Neste gráfico, os resíduos são representados em função dos valores ajustados pelo modelo. A dispersão aleatória ao redor da linha horizontal zero sugere que os resíduos não exibem padrão sistemático, o que indica que a suposição de homocedasticidade (variância constante dos resíduos) foi atendida.

- **Figura 3c - Resíduos pela ordem de experimentação:** O gráfico mostra os resíduos ao longo da ordem de coleta dos dados. Não há padrões evidentes de dependência temporal nos resíduos, o que confirma a suposição de independência dos resíduos. Os pontos estão distribuídos de forma aleatória, sem indicar qualquer tendência relacionada à ordem dos experimentos.

- **Figura 3d - Resíduos por nível de estímulo:** Os resíduos são apresentados por nível de estímulo musical (controle e diferentes tipos de música). A ausência de padrões significativos entre os diferentes grupos reforça a interpretação de que os tratamentos musicais não exerceram efeitos diferenciados sobre a variável dependente.

Por fim, os resultados dos testes de normalidade e homocedasticidade são apresentados abaixo:

- **Teste de Levene:** O teste de Levene foi realizado para verificar a homocedasticidade (homogeneidade de variâncias) dos resíduos, com base na variável `pontuacao` e os diferentes grupos de estímulos musicais. O valor do teste foi `Test Statistic = 0.19881`, com um p-valor de `0.9333`, indicando que não há evidências para rejeitar a hipótese nula de que as variâncias dos grupos são iguais. Portanto, a suposição de homocedasticidade é atendida.

- **Teste de Shapiro-Wilk:** O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a normalidade dos resíduos do modelo. O valor de `W` foi `0.96121` e o p-valor foi `0.7134`, o que indica que os resíduos seguem uma distribuição normal, pois o p-valor é maior que o nível de significância usual (0.05). Portanto, a suposição de normalidade dos resíduos também é atendida.

Sendo assim, a validade do modelo é atestada por evidências, confirmando as expectativas geradas pelos gráficos.

5 Conclusão

Com base nos resultados do experimento, pode-se concluir que, no contexto estudado, o tipo de música instrumental utilizado (combinando diferentes níveis de valência e excitação) não teve efeito significativo sobre a memória de curto prazo e a concentração dos participantes. Essa conclusão é sustentada pela análise ANOVA, que indicou p-valor de 0,9305, e pelos testes de diagnóstico, que validaram as condições do modelo experimental.

Os resultados diferem dos achados de estudos anteriores, o que pode ser explicado, pelas circunstâncias do experimento realizado, incluindo o tamanho reduzido da amostra e o ambiente não controlado. Essas características podem ter limitado a capacidade de detectar efeitos mais sutis da música sobre o desempenho cognitivo. Recomenda-se a realização de estudos futuros com maior controle experimental e amostras mais maiores para investigar melhor os possíveis efeitos emocionais da música sobre a memória e a concentração.

Referências

- [1] Alley, T. R., & Greene, M. E. (2008). The Relative and Perceived Impact of Irrelevant Speech, Vocal Music and Non-vocal Music on Working Memory. *Current Psychology*, 27, 277–289. <https://doi.org/10.1007/s12144-008-9040-z>.
- [2] Cheah, Y., et al. (2022). Background Music and Cognitive Task Performance: A Systematic Review of Task, Music, and Population Impact. *Music and Science*, 5, 1–44. <https://doi.org/10.1177/20592043221134392>.
- [3] Salamé, P., & Baddeley, A. (1989). Effects of Background Music on Phonological Short-term Memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41(1), 107–122.
- [4] SHAPIRO, S. S., & WILK, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3–4), 591–611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- [5] Levene, H. (1960) Robust Tests for Equality of Variances. In: Olkin, I., Ed., *Contributions to Probability and Statistics*, Stanford University Press, Palo Alto, 278-292.