

Aplicação do método do julgamento holístico e do método tradicional para a criação de matrizes paritárias no processo de análise hierárquica Uma análise comparativa com o uso do pacote AHPWR

Alcoforado, L., Longo, O. & Levy, A.

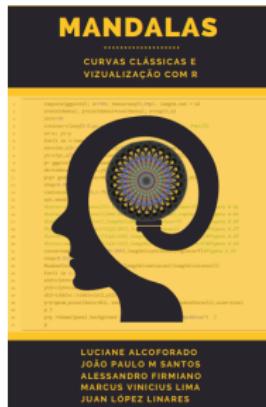
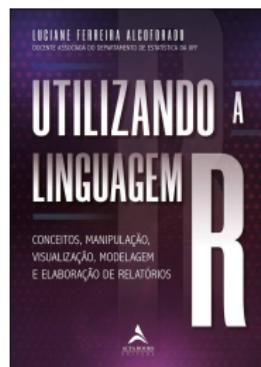
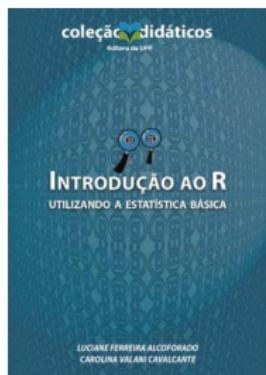
Academia da Força Aérea/ Universidade Federal Fluminense

outubro de 2023

guión de presentación

- Que hacemos
- Introducción
 - AHP
- Objetivos
- Aplicaciones
- Resultados
- Consideraciones finales

Difusión de R en la comunidad: Libros y Seminarios



Paquete AHPWR: Compute Analytic Hierarchy Process

<https://cran.r-project.org/web/packages/AHPWR/index.html>

https://cran.r-project.org/web/packages/AHPWR/vignettes/Intro_to_AHP.html

Introduction to AHPWR package

Academia da Força Aérea and Universidade Federal Fluminense

Luciane Ferreira Alcoforado and Orlando Celso Longo

```
knitr::opts_chunk$set(warning = FALSE, message = FALSE)
library(AHPWR)
library(kableExtra)
#> Warning: package 'kableExtra' was built under R version 4.2.2
```

This is the introduction to our package AHPWR. All theory about this method is concerned about Saaty and Vargas (2012). The examples are inspired by this reference.

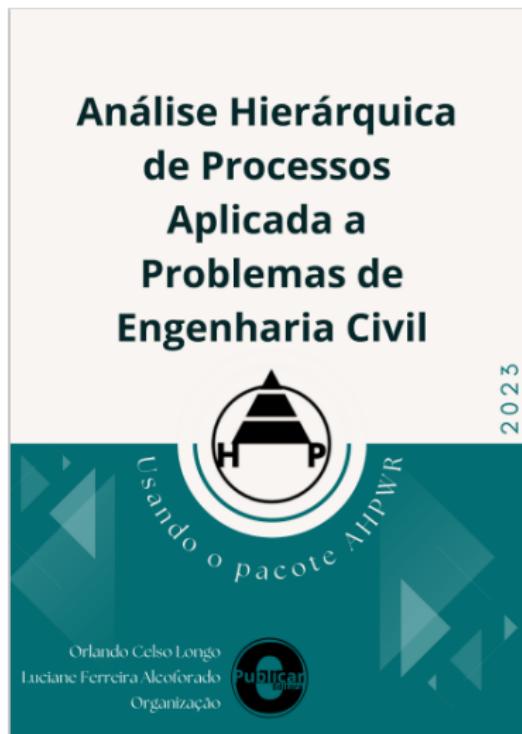
AHP

According to Saaty and Vargas (2012), The Analytic Hierarchy Process (AHP) is a basic approach to decision making. It is designed to cope with both the rational and the intuitive to select **the best** from a **number of alternatives** evaluated with respect to **several criteria**. In this process, the decision maker carries out simple



LATINR
Conferencia Latinoamericana
y Iberoamericana en Investigación en Desición

Un libro con aplicaciones en ingeniería civil



Sumário

Apresentação	1
Capítulo Um: O Método AHP e o pacote computacional AHPWR	11
1.1 INTRODUÇÃO.....	11
1.2 A ÁRVORE HIERÁRQUICA.....	12
1.3 JULGAMENTOS E MATRIZES PARITÁRIAS	13
1.3.1 Matrizes Paritárias usando a escala fundamental de Saaty.....	15
1.3.2 Matrizes Paritárias usando Julgamento Holístico	16
1.4 OBTENDO O RESULTADO DO MÉTODO AHP	17
1.5 ARMAZENANDO OS JULGAMENTOS EM ARQUIVO DE PLANILHAS	18
1.6 FORMATANDO A TABELA DE RESULTADOS	18
1.7 REFERÊNCIAS	19
Capítulo Dois: Processo de Hierarquia Analítica para ampliação de Edifícios Inteligentes no Brasil	20
Resumo.....	20
Abstract	20
2.1 INTRODUÇÃO.....	20
2.2 MÉTODOS DE PESQUISA	21
2.3 EDIFÍCIO INTELIGENTE	21
2.4 MÉTODO AHP	22
2.5 COLETA DE DADOS	24
2.6 UTILIZANDO O MÉTODO AHP	24
2.7 RESULTADOS NO AHP.....	25
2.8 CONCLUSÃO.....	30
2.9 REFERÊNCIAS	31
Capítulo Três: Análise dos Catálogos de Referência para Elaboração de Orçamento em Obras Públicas com o Auxílio do Método AHP para Tomada de Decisão	32
.....	32

Introducción

AHP (Proceso de jerarquía analítica): método para la toma de decisiones creado por Saaty

- Descomponer el problema en una jerarquía de subproblemas más simple
- Compare los elementos de la jerarquía en pares usando una escala numérico o verbal
- Sintetizar los resultados en un ranking de las alternativas
- Diversas áreas de aplicación como gobierno, negocios, industria, atención médica y educación

Limitaciones de uso de AHP

- dependencia de la elección de la escala numérica
- la dificultad de hacer frente a las incoherencias en las sentencias
- la necesidad de revisar las sentencias cuando se agregan nuevos elementos

Objetivo

- Presentar el método de juicio holístico y compararlo con el método tradicional de AHP, usando el paquete AHPWR

Propuesta del Método de Juicio Holístico

- forma de construir matrices de paridad en AHP, reduciendo la inconsistencia y la complejidad de los juicios.
- No compare los elementos par por par usando la escala Saaty, sino que asigne pesos a los elementos directamente, usando una escala de 0 a 10.
- Las ecuaciones matemáticas propuestas por Godoi (2014) compararán los pesos asignados, creando las matrices de juicio.

Vantagens

- Requiere menos juicios subjetivos.
- Reducir la posibilidad de inconsistencias debido a juicios hechos por evaluadores inexpertos.

Paquete AHPWR

- Funciones para llevar a cabo el juicio de Saaty y el juicio holístico de Godoi

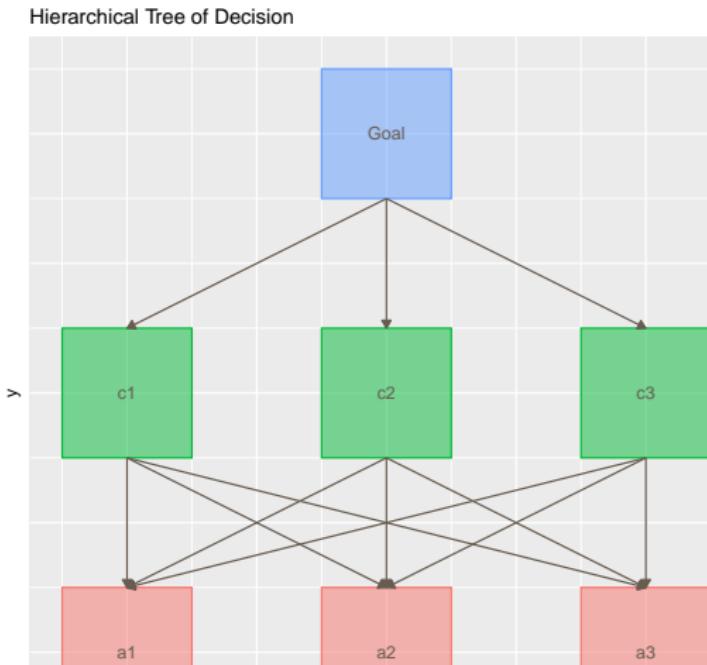
```
install.packages("AHPWR")
AHPWR::flow_chart(names = NULL, c = 3, a = 3)
julgamentos = AHPWR::matriz_julgamento(n_comp = 3,
                                         CR = TRUE,
                                         n_matrix = 4)
matriz1 = AHPWR::matrix_ahp(criterios,
                             ponderacion_sentencias)
AHPWR::ahp_geral(base)
```

Aplicación

- **Gol:** Eligir el mejor proyecto de ingeniería civil.
- **Criterios:** C1 - Experiencia del proponente; C2 - Técnica de ejecución; C3 - Plazo de entrega.
- **Alternativas:** tres propuestas presentadas A1, A2 y A3.

Árbol jerárquico

```
AHPWR::flow_chart(names=NULL, c=3, a=3)
```



Comparaciones tradicionales

- Método AHP tradicional: hacer comparaciones por pares entre los 3 criterios y entre las 3 alternativas, fijando todos los criterios, dando lugar a 12 comparaciones: 1-C1xC2; 2-C1xC3; 3-C2xC3; fixa C1 4-A1xA2; 5-A1xA3; 6-A2xA3; fixa C2 7-A1xA2; 8-A1xA3; 9-A2xA3; fixa C3 10-A1xA2; 11-A1xA3; 12-A2xA3.
- Comparaciones 1, 2 y 3 => Matriz 1; 4, 5 y 6 => Matriz 2; 7, 8 y 9 => Matriz 3; 10, 11 y 12 => Matriz 4.
- Utilice la escala fundamental de Saaty, valores del 1 al 9
- Si C1 se juzga 5 veces más importante que C2, entonces C2 tendrá 1/5 de la importancia de C1 (reciprocidad)

Comparaciones tradicionales con AHPWR

```
julgamentos=AHPWR::matriz_julgamento(n_comp=3,  
                                         CR=TRUE,n_matrix=4)
```

```
> AHPWR::matriz_julgamento(n_comp=3,CR=TRUE,n_matrix=4)  
[1] "fill the matrix 1"  
How important is the criterion? 1 in relation to the criterion 2: 5  
How important is the criterion? 1 in relation to the criterion 3: 3  
How important is the criterion? 2 in relation to the criterion 3: 6  
[1] "fill the matrix 2"  
How important is the criterion? 1 in relation to the criterion 2: 3  
How important is the criterion? 1 in relation to the criterion 3: 2  
How important is the criterion? 2 in relation to the criterion 3: 3  
[1] "fill the matrix 3"  
How important is the criterion? 1 in relation to the criterion 2: 5  
How important is the criterion? 1 in relation to the criterion 3: 2  
How important is the criterion? 2 in relation to the criterion 3: 0.6  
[1] "fill the matrix 4"  
How important is the criterion? 1 in relation to the criterion 2: 1  
How important is the criterion? 1 in relation to the criterion 3: 6  
How important is the criterion? 2 in relation to the criterion 3: 0.5
```

Mirando las matrices

Cuatro matrices de juicio: M1 compara criterios, M2 a M4 compara alternativas fijando cada criterio C1, C2 y C3.

```
## [[1]]
##      [,1]      [,2] [,3]
## [1,] 1.0000000 5.0000000   3
## [2,] 0.2000000 1.0000000   6
## [3,] 0.3333333 0.1666667   1
##
## [[2]]
##      [,1]      [,2] [,3]
## [1,] 1.0000000 3.0000000   2
## [2,] 0.3333333 1.0000000   3
## [3,] 0.5000000 0.3333333   1
##
## [[3]]
##      [,1]      [,2] [,3]
## [1,] 1.0 5.000000 2.0
## [2,] 0.2 1.000000 0.6
## [3,] 0.5 1.666667 1.0
##
## [[4]]
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,] 1.0000000   1  6.0
## [2,] 1.0000000   1  0.5
## [3,] 0.1666667   2  1.0
```



Evaluando los juicios

Presencia de juicios inconsistentes porque $CR > 0.1$

$CR(M1) = 0.53 > 0.1 \Rightarrow$ criterios comparados de manera inconsistente

$CR(M2) = 0.22 > 0.1 \Rightarrow$ alternativas comparadas de manera inconsistente en criterio 1

$CR(M4) = 0.63 > 0.1 \Rightarrow$ alternativas comparadas de manera inconsistente en criterio 3

```
## [1] 0.5332703 0.2212677 0.0157713 0.6260506
```

Fracaso humano en el juicio

La matriz M4 nos muestra que A1 y A2 son igualmente importantes, pero A3 es mucho menos. Así que A2 no puede ser más pequeño que A3, sino más grande.

```
## [[1]]  
##           [,1] [,2] [,3]  
## [1,] 1.0000000   1   6.0  
## [2,] 1.0000000   1   0.5  
## [3,] 0.1666667   2   1.0  
  
## [1] 0.6260506
```

Método de Juicio Holístico

- Reduce la inconsistencia y complejidad de los juicios.
- Asignar pesos (0 a 10) a los elementos directamente según su orden de importancia.
- Los pesos son comparados por expresiones matemáticas

$$a_{ij} = w_i - w_j + 1$$

, si $w_i \geq w_j$; o

$$a_{ij} = \frac{1}{(w_j - w_i + 1)}$$

, si $w_i < w_j$.

w_1, \dots, w_k los pesos de los k elementos a comparar.

Asignación de los pesos - criterios

Se consideró que los criterios C1, C2 y C3 tienen pesos 4, 5, y 1, respectivamente, según su importancia.

La función *matrix_ahp* proporciona los cálculos comparativos que resultan en la matriz de juicio.

```
criterios = paste0("C", 1:3) #nomeando os critérios
yc = c(4, 5, 1) #pesos atribuídos aos critérios
m1 = AHPWR::matrix_ahp(criterios, yc)
m1
```

```
##      C1  C2  C3
## C1 1.00 0.5  4
## C2 2.00 1.0  5
## C3 0.25 0.2  1
```



Asignación de los pesos - alternativas

```
alternativas = paste0("A", 1:3) #nomeando as alternativas
yac1 = c(3, 2, 5) #pesos das alternativas a luz do critério 1
yac2 = c(9, 4.4, 8) #pesos das alternativas a luz do critério 2
yac3 = c(2.5, 4, 3.5) #pesos das alternativas a luz do critério 3
m2 = AHPWR::matrix_ahp(alternativas,yac1)
m3 = AHPWR::matrix_ahp(alternativas,yac2)
m4 = AHPWR::matrix_ahp(alternativas,yac3)
base = list(m1,m2,m3,m4)
```

Mirando la base

```
base

## [[1]]
##      C1  C2 C3
## C1 1.00 0.5  4
## C2 2.00 1.0  5
## C3 0.25 0.2  1
##
## [[2]]
##      A1 A2      A3
## A1 1.0  2 0.3333333
## A2 0.5  1 0.2500000
## A3 3.0  4 1.0000000
##
## [[3]]
##      A1  A2      A3
## A1 1.0000000 5.6 2.0000000
## A2 0.1785714 1.0 0.2173913
## A3 0.5000000 4.6 1.0000000
##
## [[4]]
##      A1      A2  A3
## A1 1.0 0.4000000 0.5
## A2 2.5 1.0000000 1.5
## A3 2.0 0.6666667 1.0
```

Juicios consistentes

porque ahora $CR < 0.1$

```
sapply(base,AHPWR::CR)
```

```
## [1] 0.021202645 0.015771299 0.023660199 0.003184998
```

Ventajas observadas

- Requiere menos juicios subjetivos y menos interacción que el método tradicional AHP.
- Puede aumentar la motivación y la atención de los evaluadores.
- Puede reducir la posibilidad de inconsistencias debido a juicios hechos por evaluadores inexpertos.

Obteniendo los pesos globales - julgamentos consistentes

```
AHPWR::ahp_geral(base)
```

```
## # A tibble: 4 x 6
##   Criteria      Weights     A     B     C    CR
##   <chr>          <dbl>    <dbl>  <dbl>  <dbl>  <dbl>
## 1 ---Alternatives 1        0.424  0.142  0.434  0.0212
## 2 --C1            0.333   0.0794  0.0455  0.208  0.0158
## 3 --C2            0.570   0.327   0.0495  0.193  0.0237
## 4 --C3            0.0974  0.0176  0.0467  0.0331 0.00318
```



Método AHP tradicional

- Positivo: método consagrado y ampliamente utilizado, permite expresar preferencias o importancia mediante escala numérica o verbal, sintetiza los resultados en un ranking de las alternativas.
- Negativo: depende de la elección de la escala numérica, tiene dificultades para lidiar con inconsistencias en los juicios, necesita revisar los juicios cuando se agregan nuevos elementos, requiere muchas comparaciones entre pares.

Método de juicio holístico

- Positivo: requiere menos juicios subjetivos y menos interacción, puede aumentar la motivación y la atención de los evaluadores, puede reducir la posibilidad de inconsistencias por juicios inexpertos.
- Negativo: todavía es poco conocido y aplicado en la práctica, puede requerir mayor cuidado en la atribución de pesos a los elementos, para evitar distorsiones o vies en la decisión.

Consideraciones finales

- Objetivo: se presentó el método de juicio holístico y se comparó con el método tradicional de AHP, utilizando el paquete AHPWR en R.
- Método: El método de juicio holístico asigna pesos a los elementos utilizando una escala de 0 a 10 y calcula los valores de la matriz de comparación de paridad con fórmulas simples.
- Resultados: el método de juicio holístico demostró ser más flexible, robusto y fácil de usar que el método tradicional de AHP, además de producir resultados consistentes y confiables.
- Consideraciones: el método de juicio holístico fue una alternativa viable y eficiente para la toma de decisiones multicriterio utilizando AHP.

Referências

- Alcoforado, Luciane Ferreira, and Orlando Celso Longo. 2022. Introduction to AHPWR Package. https://cran.r-project.org/web/packages/AHPWR/vignettes/Intro_to_AHP.html.
- Alcoforado, Luciane Ferreira, Lincoln Sousa, and Orlando Celso Longo. 2022. AHPWR: Compute Analytic Hierarchy Process. <https://CRAN.R-project.org/package=AHPWR>.
- Godoi, Wagner da Costa. 2014. "Método de Construção Das Matrizes de Julgamento Paritário No AHP – Método de Julgamento Holístico." Revista Gestão Industrial 10 (3): 474–93. <https://doi.org/10.3895/gi.v10i3.1970>.
- Saaty, L. G., T. L. and Vargas. 2012. Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process. New York: Springer.
- Saaty, Thomas L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill

Obrigado!

- contato: luciane@id.uff.br; orlandolongo@gmail.com;
alevy@id.uff.br