

4 A Ferramenta Computacional

Para pôr em prática o Modelo Inteligente de Avaliação da Qualidade de Água e da Qualidade Biótica – MIAQR-PALADINES programou-se uma ferramenta computacional utilizando a linguagem de programação C# em conjunto com o software Microsoft Visual Studio e Microsoft Excel.

No início, a ferramenta computacional foi esquematizada como um aplicativo único, capaz que receber e armazenar variáveis de entrada, conjuntos de regras e limites dos conjuntos de cada metodologia de cálculo. Porém, a ideia foi desestimada por motivo da complexidade e futura dificuldade na inclusão das regras na ferramenta por parte dos especialistas. A interfase gráfica desta primeira versão é exibida na Figura 40.

The screenshot displays the IFQAR software interface, which is designed for water quality assessment. The interface is organized into several sections:

- Estado:** Includes buttons for "Amazonar dados" and "Rodar", and a "Calcular" button.
- Indicadores:** A list of water quality parameters with input fields for their values:
 - Temperatura: °C
 - PH: pH
 - OD: mg/l
 - DBO: mg/l
 - Nitrato: mg/l
 - Nitrato: mg/l
 - Amônio: mg/l
 - P - Total: mg/l
 - Cond. Elétrica: µS/cm
 - Transparência: m
 - IAPR: IAPR
- Zona:** A selection area with buttons for zones 1, 2, 3, 4, and 5.
- Limites:** A flowchart showing the calculation of sub-indices (Sub Índice 1.1 to 1.5, 2.1 to 2.3, 3.1) leading to the final IFQAR index.
- Regras:** A section for defining rules, including a list of rules (e.g., "Se a TEMPERATURA é BAIXO e o PH é MEIO o SUB INDICE 1.1 é BAIXO") and buttons for "Salvar regra" and "Apagar regra".
- Características da amostra:** Fields for "Mês" (1-12), "Coordenadas" (S, N, E, O), and "Profundidade" (m).
- Buttons:** "Carregar" and "Carregar" buttons are present near the "Limites" and "Regras" sections, respectively. A "Guardar limites" button is also visible.
- Logos:** Logos for PUC, ICN, and JAP are displayed in the top right corner.

Figura 40. Primeira versão da ferramenta computacional

Levando em consideração a simplicidade, na hora de armazenar a informação, a ferramenta foi finalmente desenvolvida como um aplicativo *Windows* de fácil utilização sincronizado com um arquivo de *Excel* com nome “*base.xlsx*”. Para facilitar o uso do aplicativo, a configuração, o controle de processos e a apresentação de resultados da ferramenta estão focalizados no aplicativo, enquanto a base de dados, informação necessária para o funcionamento da ferramenta (valores das variáveis de entrada, profundidade da amostra, coordenadas geográficas da amostra, bases de regras e funções de pertinência de cada metodologia, e dados de temperatura vs. profundidade da coluna d’água no local) está concentrada no arquivo *Excel*. De acordo com a descrição do modelo do subcapítulo 3.3, para determinar a metodologia de cálculo, o aplicativo importa e logo depois analisa toda a informação necessária do arquivo *Excel* antes de proceder com o cálculo dos subíndices e índices.

4.1.1. Aplicativo

A interface gráfica completa do aplicativo é apresentada na Figura 41.

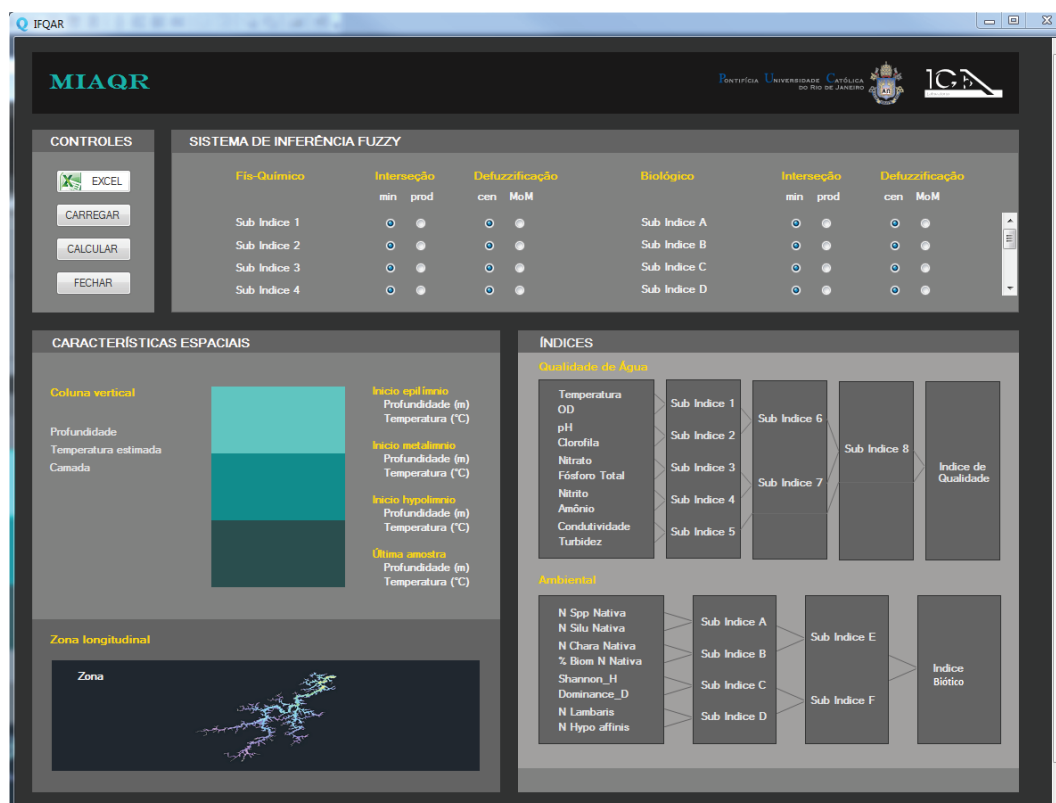


Figura 41. Interface gráfica do aplicativo

A interface está organizada em quatro subdivisões: Controles, Sistema de Inferência Fuzzy, Características Espaciais e Índices, desde onde se pode controlar, supervisionar e visualizar o estado do reservatório e os resultados dos subíndices e índices finais.

4.1.1.1. Controles

A subdivisão *Controles* engloba os únicos quatro botões de comando do aplicativo. O botão *excel* abre o arquivo *Excel* com a base de dados que alimentará o programa, o botão *carregar* carrega os dados desde o arquivo *Excel*, o botão *calcular* inicia o cálculo dos subíndices e índices finais utilizando a metodologia de cálculo escolhida pelo programa e o botão *fechar* fecha o aplicativo. A Figura 42 apresenta mais claramente os quatro botões da zona *CONTROLES*.

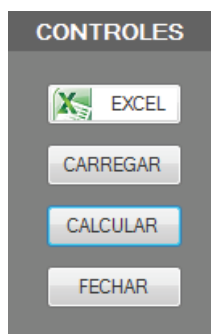


Figura 42. Controles do aplicativo

4.1.1.2. Sistemas de Inferência Fuzzy

Na subdivisão *Sistema de Inferência Fuzzy* pode-se configurar facilmente algumas características dos SIF de cada subíndice e índice final. Especificamente, o operador fuzzy de interseção a ser utilizado no antecedente (*min* ou *prod*) e o método de defuzzificação (*centroide de área* ou *meia dos máximos*), Figura 43.



Figura 43. Configuração dos Sistemas de Inferência Fuzzy (SIF)

4.1.1.3. Características Espaciais

A diferença das subdivisões *Controles* e *Sistema de Inferência Fuzzy*, *Características Espaciais* é uma subdivisão de visualização, e não de controle ou configuração.

Nesta zona apresenta-se a curva de estratificação térmica, temperatura vs. profundidade do reservatório e a zona horizontal onde foi coletada a amostra (*Zona de Rio* ou *Transição – Lacustre*). Do lado esquerdo apresenta-se a profundidade da amostra, a temperatura estimada nesta profundidade e a camada de estratificação térmica atribuída pela ferramenta à profundidade especificada. Do lado direito, o início e fim de cada camada com a sua respectiva temperatura estimada. A Figura 44 apresenta a zona *características espaciais* antes e depois do cálculo dos índices.

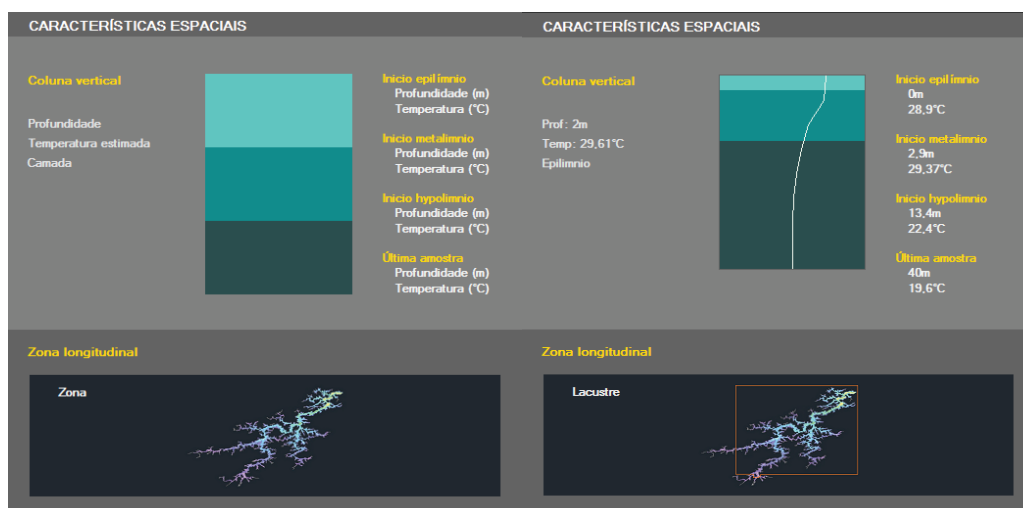


Figura 44. Características Espaciais: Curva temperatura vs. profundidade, Camadas de Estratificação Térmica e Zona Horizontal da amostra.

4.1.1.4. Índices

Na subdivisão *Índices* são apresentados finalmente o Índice de Qualidade da Água e o Índice Biótico assim como também o valor dos seus respectivos subíndices. A Figura 45 apresenta a subdivisão *Índices* antes e depois do cálculo dos índices.

Como já foi especificado na descrição do modelo, a metodologia de cálculo utilizada na avaliação dos subíndices e índices finais será escolhida pela ferramenta segundo a localização horizontal (*Zona de Rio, transição - lacustre*), e na pertença da amostra a uma das três camadas de estratificação térmica, pertença que é automaticamente calculada pela mesma ferramenta utilizando o dado de profundidade da amostra especificado no arquivo *Excel*.

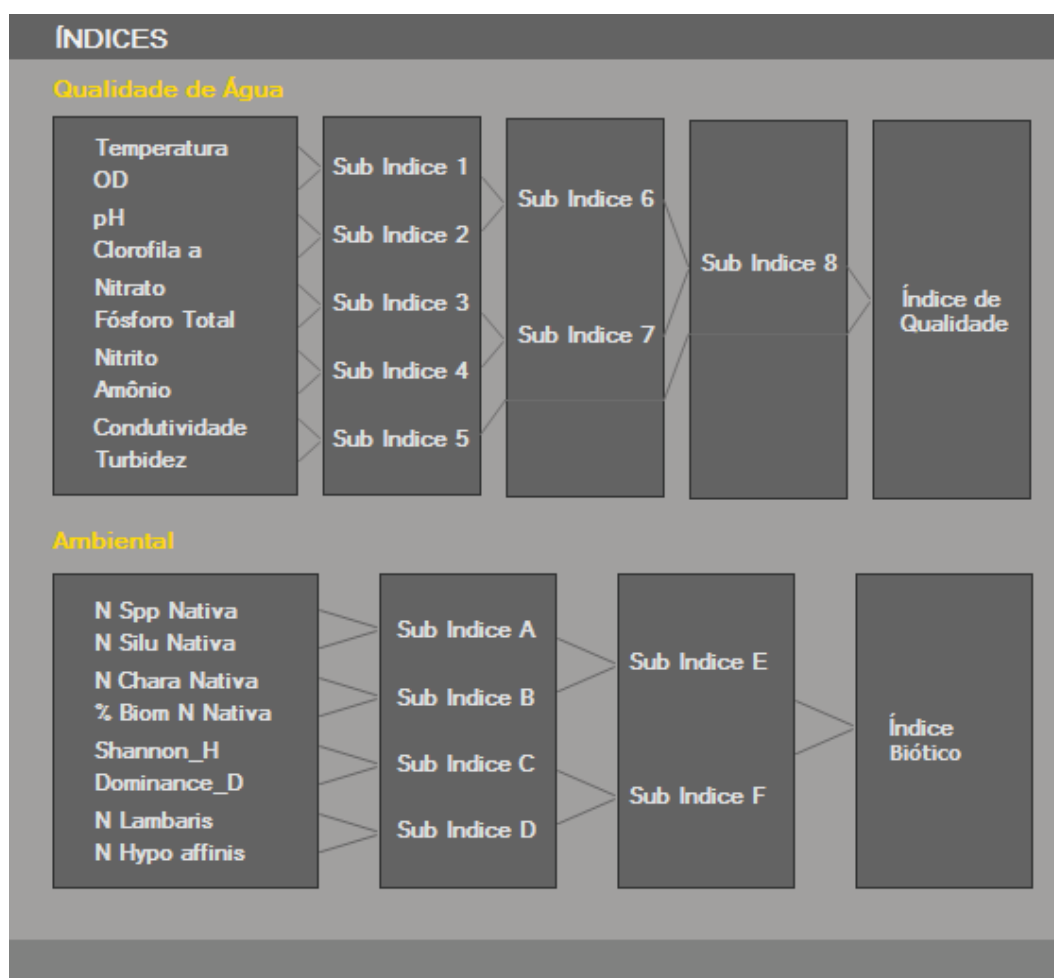


Figura 45. Zona onde são apresentados os índices finais com seus respectivos subíndices.

4.1.2. Arquivo Excel “Base”

O arquivo de *Excel* com nome “Base.xlsx” serve como repositório de toda a base de dados que a ferramenta precisa para funcionar e apresentar resultados. Dentro do arquivo de Excel deve-se especificar:

- Os valores de cada variável de entrada físico-química e biológica nas respectivas unidades.
- A profundidade da amostra em metros.
- As coordenadas geográficas da amostra em graus, minutos e segundos.
- As bases de regras e funções de pertinência de cada metodologia.
- Os dados de temperatura vs. profundidade da coluna d’água no local.

Existem células específicas para cada dado. Por exemplo, o valor de *Nitrito* da amostra está vinculado diretamente com a célula “B2” do arquivo *Excel* e é nesta célula especificamente onde ele deve ser inserido. O motivo pelo qual as células são específicas é que o aplicativo reconhece a informação depositada no arquivo *Excel* em função da sua localização. A seguir imagens do arquivo *Excel*.

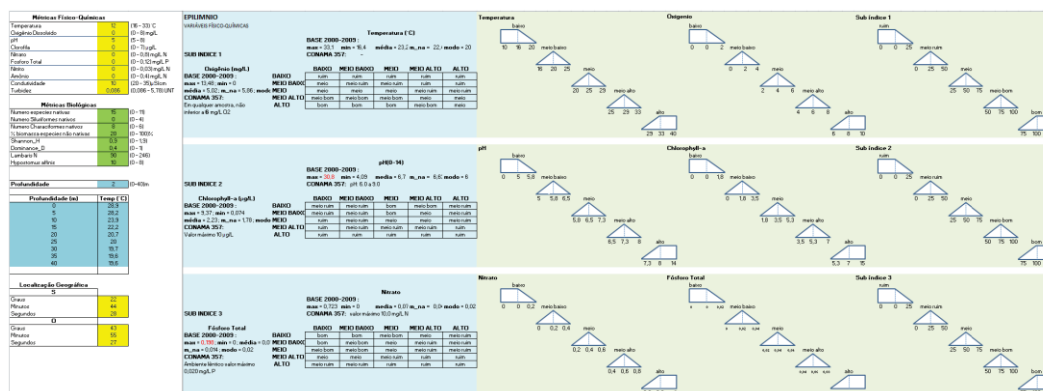


Figura 46. Vista geral da parte inicial do arquivo *Excel*

Métricas Físico-Químicas

Temperatura	12	(16 - 33) °C
Óxigênio Dissolvido	0	(0 - 8) mg/L
pH	5	(5 - 8)
Clorofila a	0	(0 - 7) µg/L
Nitrato	0	(0 - 0,8) mg/L N
Fosforo Total	0	(0 - 0,12) mg/L P
Nitrito	0	(0 - 0,03) mg/L N
Amônio	0	(0 - 0,4) mg/L N
Condutividade	10	(20 - 35) µS/cm
Turbidez	0,086	(0,086 - 5,78) UNT

Figura 47. Arquivo Excel – Métricas Físicas e Químicas**Métricas Biológicas**

Numero especies nativas	15	(0 - 11)
Numero Siluriformes nativos	0	(0 - 4)
Numero Characiformes nativos	8	(0 - 6)
% biomassa especies não nativas	20	(0 - 100)%
Shannon_H	0,9	(0 - 1,9)
Dominance_D	0,4	(0 - 1)
Lambaris N	90	(0 - 246)
Hypostomus affinis	10	(0 - 8)

Figura 48. Arquivo Excel – Métricas Biológicas

Profundidade	2	(0-40)m
---------------------	----------	----------------

Profundidade (m)	Temp (°C)
0	28,9
5	28,2
10	23,9
15	22,2
20	20,7
25	20
30	19,7
35	19,6
40	19,6

Figura 49. Arquivo Excel – Profundidade vs. Temperatura

Localização Geográfica	
S	
Graus	22
Minutos	44
Segundos	28
O	
Graus	43
Minutos	55
Segundos	27

Figura 50. Arquivo Excel – Localização Geográfica

EPILÍMNIO		Temperatura (°C)				
VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS		BASE 2000-2009 :				
SUB ÍNDICE 1		max = 33,1 min = 16,4 média = 23,2 m_na = 22,4 modo = 20				
Oxigênio (mg/L)		CONAMA 357: -				
BASE 2000-2009 :		BAIXO	MÉDIO BAIXO	MÉDIO	MÉDIO ALTO	ALTO
max = 13,48 ; min = 0		ruim	ruim	ruim	ruim	ruim
média = 5,02 ; m_na = 5,86 ; modo = 0		médio	médio ruim	médio ruim	ruim	ruim
CONAMA 357:		médio	médio	médio	médio ruim	médio ruim
Em qualquer amostra, não		médio bom	médio bom	médio bom	médio	médio
inferior a 6 mg/L O ₂		bom	bom	bom	médio bom	médio

Figura 51. Arquivo Excel – Regras (Ex: Epilímnio-Temperatura)

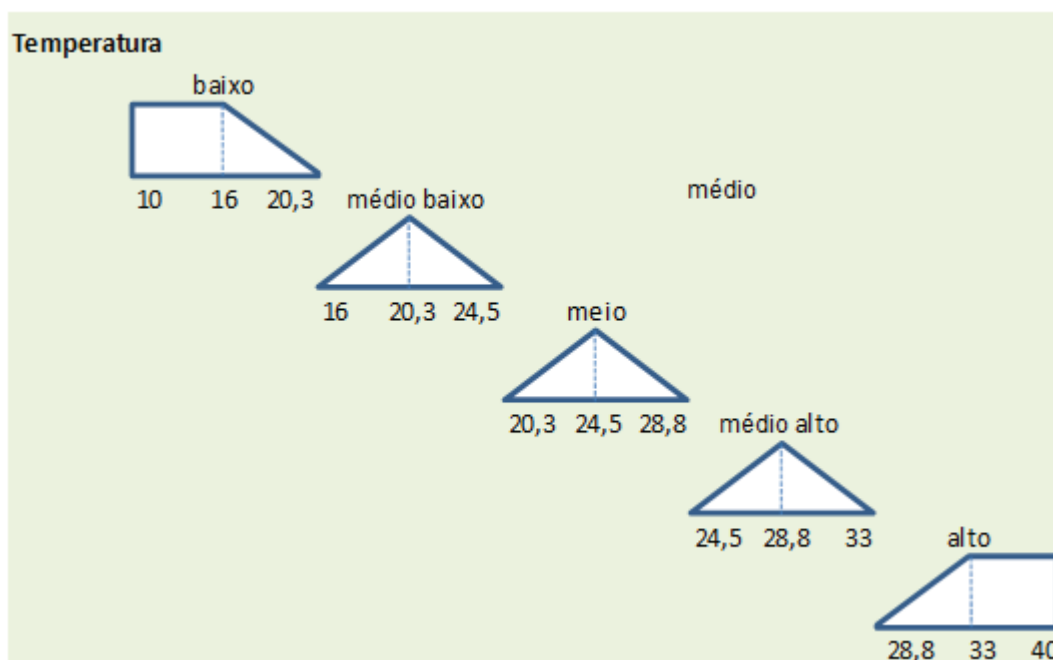


Figura 52. Arquivo Excel – Funções de Pertinência (Ex: Epilímnio-Temperatura)