

BIBLIOTECA DE ROTINAS DESENVOLVIDAS EM PLANILHA ELETRÔNICA PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM ENGENHARIA DE ÁGUA E SOLO

Jorge Luiz Moretti de Souza¹;

¹Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná.

Matheus Salgado Moretti².

²Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR), Curitiba, Paraná.

RESUMO: Teve-se por objetivo no presente estudo desenvolver uma biblioteca de rotinas computacionais em planilha eletrônica, para facilitar e agilizar a resolução de problemas em engenharia de água e solo. As rotinas computacionais foram desenvolvidas no Laboratório de Modelagem de Sistemas Ambientais (LAMOSA)/DSEA/UFPR, em planilha eletrônica, com a linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA-Macro). Foram criadas rotinas (funções) para a resolução dos exemplos e exercícios apresentados no manual de “Fundamentos de Hidrologia, Irrigação e Drenagem” (DSEA/SCA/UFPR), envolvendo os temas: Parâmetros fisiográficos de bacias hidrográficas; Precipitação pluviométrica; Relações massa-área-volume do solo; Água em equilíbrio; Movimento da água; Infiltração; Escoamento superficial; Movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera; Disponibilidade de água no solo; Evaporação e evapotranspiração. Após o desenvolvimento, a biblioteca totalizando 169 rotinas computacionais foi denominada “Plataforma Moretti: Rotinas computacionais para engenharia de água e solo”. A biblioteca permitiu a automatização das funções e procedimentos de cálculos voltados à engenharia de água e solo com eficiência, precisão e maior rapidez nas análises. Os resultados obtidos foram analisados e comparados com os padrões estabelecidos na literatura, confirmando a eficácia das rotinas na solução dos problemas. As rotinas e biblioteca incrementarão as ferramentas computacionais da Plataforma MORETTI, disponibilizada à comunidade em geral.

PALAVRAS-CHAVE: Relação água-solo-planta-atmosfera. Hidrologia. Física do solo.

SPREADSHEET-BASED COMPUTATIONAL LIBRARY FOR WATER AND SOIL ENGINEERING PROBLEM SOLVING

ABSTRACT: This study aimed to develop a library of computational routines in a spreadsheet environment to facilitate and expedite the resolution of problems in water and soil engineering. The routines that comprise the computational library were developed at the Laboratory of Environmental Systems Modeling (LAMOSA)/DSEA/UFPR, using spreadsheet software and implemented in the Visual Basic for Applications (VBA-Macro) programming language. Functions (routines) were created to solve problems involving: Physiographic parameters of watersheds; Rainfall precipitation; Soil mass, area, and volume relationships; Water in

equilibrium in the soil; Water movement in the soil; Water infiltration into the soil; Surface runoff; Water movement in the soil-plant-atmosphere system; Water availability to plants in the soil; and Evaporation and evapotranspiration. After development, the library (totaling 169 computational routines) was named Moretti Platform: Computational Routines for Water and Soil Engineering. The library enabled the automation of functions and calculation procedures related to water and soil engineering with efficiency, accuracy, and faster analysis. The results were analyzed and compared to standard references in the literature, confirming the routines' effectiveness in solving problems. The routines and library enhance the computational tools of the MORETTI Platform, which is publicly available to the broader community.

KEYWORDS: Soil-plant-atmosphere water relations. Hydrology. Soil physics.

INTRODUÇÃO

A engenharia de água e solo, envolvendo aspectos técnicos da hidrologia, irrigação, drenagem, física do solo e relação água-solo-planta-atmosfera é fundamental na agricultura, garantindo o uso eficiente dos recursos hídricos e a conservação do solo para a produção sustentável de alimentos. No entanto, a resolução de problemas técnicos na área de engenharia de água e solo exige a aplicação de conceitos matemáticos e físicos, muitas vezes desafiadores para estudantes e profissionais das ciências agrárias (Souza, 2019). Observa-se que um número significativo de alunos e profissionais enfrentam dificuldades nos conhecimentos básicos (matemática, física e química) o que compromete a resolução de cálculos fundamentais e a compreensão de fenômenos para aplicação das técnicas necessárias nas engenharias (Araújo et al., 2011; Fiorani et al., 2011; Carvalho e Santos, 2022).

Além das dificuldades no aprendizado, há desafios na pesquisa e na prática profissional, onde a necessidade de cálculos precisos é essencial para a calibração de modelos hidrológicos, dimensionamento de sistemas de irrigação, drenagem e análise da dinâmica da água no solo. Métodos manuais de resolução são frequentemente demorados e suscetíveis a erros, o que reforça a necessidade de ferramentas computacionais acessíveis e confiáveis (Souza, 2001; Souza e Frizzzone, 2003a-b; Souza, 2019).

A utilização de novas tecnologias no ensino vem se tornando uma preocupação constante nas universidades na busca por qualificar a educação (Modler et al., 2005; Souza et al., 2020; Souza et al., 2022; Roncovsky e Souza, 2023; Souza et al., 2023). Modler e Feil (2003) avaliaram que é pertinente e viável a utilização de *softwares* comerciais na construção do conhecimento em engenharia. No entanto, ao mesmo tempo, os autores descrevem que é necessária a elaboração de metodologias de ensino consistentes e bem fundamentadas, que direcionem o uso da tecnologia no sentido de auxiliar o aprendizado e facilitar sua utilização. Logo, pode-se perceber que a falta de ferramentas computacionais mais acessíveis pode dificultar o aprendizado e a aplicação prática dos conceitos da engenharia de água e solo.

Nesse contexto, acredita-se que a utilização de planilhas eletrônicas associadas a módulos e rotinas computacionais são uma alternativa eficiente para facilitar o aprendizado, otimizar o tempo de cálculo e garantir maior precisão nos resultados. Iniciativas neste sentido, voltadas à área de engenharia de água e solo, podem ser verificadas no modelo computacional desenvolvido por Souza (2001) e módulos que posteriormente foram criados partindo desta experiência inicial e bem sucedida (Souza e Frizzone, 2003a-b; Souza et al. 2018; Souza et al., 2020; Souza et al., 2022; Roncovsky e Souza, 2023; Souza et al., 2023). Outras iniciativas em áreas diversas também podem ser verificadas: Moraes e Araújo (2013) analisaram a utilização de planilhas eletrônicas no ensino de resistência dos materiais; Velasco et al. (2021) avaliaram a utilização de planilhas eletrônicas como ferramenta de apoio ao ensino de engenharia; e, Andrade e Cunha (2023) utilizaram planilhas eletrônicas como ferramentas educacionais aplicadas à robótica móvel.

É importante enfatizar que a criação de uma biblioteca de rotinas computacionais em ambiente de planilha eletrônica para a engenharia de água e solo visa não apenas facilitar e agilizar a resolução de cálculos, mas também atuar como um suporte didático, permitindo que alunos e pesquisadores compreendam melhor os conceitos teóricos, validem resultados, tirem dúvidas e aprimorem suas habilidades na resolução de problemas. Dessa forma, a biblioteca pode se tornar um recurso essencial para o ensino e atividades de pesquisa e extensão na área de engenharia de água e solo, ampliando possibilidades de aplicação e apoio, que poderão ser utilizadas até em trabalhos com os desenvolvidos por Souza (2001), Souza e Frizzone, 2003a-b, Souza et al. (2018), Souza et al. (2022), Roncovsky e Souza (2023) e Souza et al. (2023).

OBJETIVO

Mediante o contexto apresentado, abordando como a utilização de programas tem sido cada vez mais aplicada no desenvolvimento de ferramentas que auxiliem estudantes e profissionais da engenharia (para visualizar e interagir com os conceitos necessários), teve-se por objetivo no presente estudo desenvolver uma biblioteca de rotinas computacionais em planilha eletrônica, para facilitar e agilizar a resolução de problemas na área de engenharia de água e solo.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado seguindo a linha de pesquisa envolvendo o desenvolvimento dos módulos computacionais da Plataforma Moretti, tendo como apoio o Laboratório de Modelagem de Sistemas Ambientais / DSEA / SCA / UFPR (Souza et al., 2022; Souza et al., 2023; Roncovsky e Souza, 2023).

O módulo computacional foi desenvolvido em planilha eletrônica. As rotinas computacionais para os procedimentos de execução e cálculo foram implementadas na linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA-Macro). Foram criadas rotinas para as principais funções, modelos e procedimentos de cálculos que se encontram

apresentados no manual de “Fundamentos de Hidrologia, Irrigação e Drenagem (FHID)” (DSEA/SCA/UFPR), para a resolução de problemas, exemplos e exercícios da área de engenharia de água e solo (Souza, 2019).

Seguindo as unidades do manual de FHID (Souza, 2019), as rotinas e funções foram estruturadas, agrupados e denominadas baseando-se na seguinte sequência de temas: Unidade 1: Hidrologia, ciclo hidrológico e bacia hidrográfica; Unidade 2: Precipitação pluviométrica; Unidade 3: Relações massa, área e volume do solo; Unidade 4: A água em equilíbrio no solo; Unidade 5: Movimento da água no solo; Unidade 6: Infiltração da água no solo; Unidade 7: Escoamento superficial; Unidade 8: Movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera; Unidade 9: Disponibilidade de água no solo para a planta; e, Unidade 10: Evaporação e evapotranspiração.

Os testes das rotinas, funções e procedimentos implementados em planilha eletrônica, com o auxílio da linguagem VBA-*Macro*, foram realizados e conferidos baseando-se nos resultados e respostas dos exemplos que já se encontram resolvidos no manual de FHID (Souza, 2019). O manual apresenta em sua estrutura um total de 92 exemplos em sua última versão. A biblioteca de rotinas foi avaliada quanto à sua capacidade de automatização dos cálculos, bem como na sua eficiência, precisão e rapidez na realização dos procedimentos e análises. Para confirmar a eficácia dos códigos em linguagem VBA-*Macro* implementados, as rotinas (funções e procedimentos) implementadas foram analisados e comparados com os padrões do manual de FHID e estabelecidos na literatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A biblioteca de rotinas desenvolvida foi denominada “Plataforma Moretti: Rotinas computacionais para engenharia de água e solo” (Figura 1). Um total de 169 rotinas foram desenvolvidas. Na Tabela 1 encontram-se a relação do número de rotinas desenvolvidas para cada unidade do manual de “Fundamentos de Hidrologia, Irrigação e Drenagem (FHID; Souza, 2019)”, bem como os respectivos nomes das funções que formam a biblioteca.

Tabela 1. Temas e respectivos nomes das rotinas da biblioteca de funções desenvolvidas para cada unidade do manual de “Fundamentos de Hidrologia, Irrigação e Drenagem” (FHID; Souza, 2019).

Unidade	Funções	Nome da função desenvolvida	
1 – Hidrologia, ciclo hidrológico e bacia hidrográfica	15	U1_Coeficiente_de_compacidade_Kc_‘ad’	U1_Sinuosidade_do_dreno_principal_Sn_‘ad’
		U1_Coeficiente_de_compacidade_Kc_interpretação_‘ad’	U1_Sinuosidade_do_dreno_principal_Sn_interpretação_‘ad’
		U1_Fator_de_forma_Kf_‘ad’	U1_Declividade_do_dreno_principal_da_bacia_hidrográfica_Sd_‘percentual’
		U1_Fator_de_forma_Kf_interpretação_‘ad’	U1_Declividade_média_da_bacia_hidrográfica_dm_‘percentual’
		U1_Densidade_de_drenagem_Dd_‘km_k ^m 2’	U1_Altitude_média_da_bacia_hidrográfica_Zmed_‘m’
		U1_Densidade_de_drenagem_Dd_interpretação_‘km_k ^m 2’	U1_Altura_média_da_bacia_hidrográfica_Hmed_‘m’
		U1_Densidade_da_rede_de_drenagem_Dr_‘drenos_k ^m 2’	U1_Altitude_média_da_bacia_hidrográfica_Zmed_i_cotas_‘m’
		U1_Extensão_média_do_escoamento_superficial_Cm_‘km’	

2 – Precipitação pluviométrica	28	U2_Intensidade_de_precipitação_i_‘mm_h ⁻¹ ’	U2_Capacidade_do_reservatório_de_interceptação_Sl_‘mm’
		U2_Frequência_fX_do_evento_X_‘percentual’	U2_Probabilidade_do_evento_X_ser_maior_ou_igual_xi_Califórnia_‘percentual’
		U2_Altura_de_precipitação_P_‘mm’	U2_Período_de_retorno_T_do_evento_X_Califórnia_‘anos’
		U2_Preenchimento_de_falha_Média_aritmética_Py_‘mm’	U2_Probabilidade_do_evento_X_ser_menor_que_xi_Califórnia_‘percentual’
		U2_Preenchimento_de_falha_Regressão_linear_Py_‘mm’	U2_Probabilidade_do_evento_X_ser_maior_ou_igual_xi_Weibull_‘percentual’
		U2_Regressão_linear_Parâmetro_angular_a1_‘adimensional’	U2_Probabilidade_do_evento_X_ser_menor_que_xi_Weibull_‘percentual’
		U2_Regressão_linear_Parâmetro_linear_a0_‘unidade_da_variável’	U2_Período_de_retorno_T_do_evento_X_Weibull_‘anos’
		U2_Preenchimento_de_falha_Poderação_regional_Py_‘mm’	U2_Probabilidade_do_evento_X_ser_maior_ou_igual_xi_fdp_Normal_‘percentual’
		U2_Precipitação_média_Método_aritmético_Pm_‘mm’	U2_Período_de_retorno_T_do_evento_X_fdp_Normal_‘anos’
		U2_Precipitação_média_Método_Thiessen_Pm_‘mm’	U2_Probabilidade_do_evento_X_ser_menor_que_xi_fdp_Normal_‘percentual’
		U2_Precipitação_média_Método_isoietas_Pm_‘mm’	U2_Probabilidade_do_evento_X_ser_maior_ou_igual_xi_fdp_Gama_‘percentual’
		U2_Período_de_retorno_T_‘anos’	U2_Período_de_retorno_T_do_evento_X_fdp_Gama_‘percentual’
		U2_Intensidade_de_precipitação_i_estimada_com_a_função_IDF_‘mm_h ⁻¹ ’	U2_Probabilidade_do_evento_X_ser_menor_que_xi_fdp_Gama_‘percentual’
		U2_Interceptação_da_precipitação_pela_vegetação_I_‘mm’	U2_Probabilidade_do_evento_X_ser_menor_que_xi_fdp_Mista_‘percentual’

3 – Relações massa, área e volume do solo	24	U3_Fração_textural_ISSS_Atterberg U3_Fração_textural_USDA U3_Tempo_para_a_sedimentação_das_partículas_t_‘minutos’ U3_Percentual_de_argila_na_amostra_de_solo_‘percentual’ U3_Percentual_de_silte_na_amostra_de_solo_‘percentual’ U3_Percentual_de_areia_na_amostra_de_solo_‘percentual’ U3_Classificação_textural_do_solo (Obs.: Precisa ser trabalhada, tem erros) U3_Massa_total_da_amostra_de_solo_mT_‘kg’ U3_Volume_total_da_amostra_de_solo_VT_‘m³’ U3_Volume_de_vazios_da_amostra_de_solo_VV_‘m³’ U3_Massa_específica_das_partículas_do_solo_rP_‘kg_m⁻³’ U3_Massa_específica_do_solo_mS_‘kg_m⁻³’ U3_Porosidade_total_do_solo_considerando_Volumes_alfa_‘percentual’	U3_Porosidade_total_do_solo_considerando_Massa_Específicas_alfa_‘percentual’ U3_Umidade_gravimétrica_do_solo_u_‘kg_kg⁻¹’ U3_Umidade_volumétrica_do_solo_teta_‘m³_m⁻³’ U3_Umidade_volumétrica_em_função_da_umidade_gravimétrica_teta_‘m³_m⁻³’ U3_Grau_de_saturação_do_solo_7S_‘percentual’ U3_Porosidade_livre_de_água_do_solo_beta_‘percentual’ U3_Armazenamento_da_água_no_solo_AL_‘mm’ U3_Armazenamento_da_água_no_perfil_do_solo_AL_‘mm’ U3_Variação_do_armazenamento_da_água_no_perfil_do_solo_no_tempo_detaAL_‘mm’ U3_Calor_específico_por_unidade_de_volume_do_solo_cS_‘J_m⁻³_K⁻¹’ U3_Calor_específico_por_unidade_de_volume_do_solo_cS_‘cal_cm⁻³_oC⁻¹’
---	----	--	---

4 – A água em equilíbrio no solo	19	U4_Energia_potencial_Ep_‘J’ U4_Potencial_de_pressão_da_água_pSiP_‘J’ U4_Potencial_de_pressão_da_água_pSiP_a_base_de_massa_‘J_kg⁻¹’ U4_Potencial_de_pressão_da_água_pSiP_a_base_de_volume_‘kPa’ U4_Potencial_gravitacional_da_água_pSiG_‘J’ U4_Potencial_gravitacional_da_água_pSiG_a_base_de_massa_‘J_kg⁻¹’ U4_Potencial_gravitacional_da_água_pSiG_a_base_de_volume_‘kPa’ U4_Potencial_osmótico_medido_no_osmômetro_pSiOs_‘J’ U4_Potencial_osmótico_medido_no_osmômetro_pSiOs_a_base_de_massa_‘J_kg⁻¹’ U4_Potencial_osmótico_medido_no_osmômetro_pSiOs_a_base_de_volume_‘kPa’	U4_Potencial_osmótico_estimado_pSiOs_a_base_de_volume_‘kPa’ U4_Potencial_osmótico_estimado_pSiOs_a_base_de_peso_‘m’ U4_Altura_da_ascensão_da_água_em_tubo_capilar_h_‘m’ U4_Diâmetro_dos_poros_do_solo_que_ainda_retêm_água_sob_determinada_pressão_dS_‘mm’ U4_Altura_do_mercúrio_em_tubo_capilar_h_‘m’ U4_Van_Genuchten_Umidade_volumétrica_do_solo_Teta_‘m³_m⁻³’ U4_Van_Genuchten_Potencial_matricial_da_água_no_solo_pSiM_‘hPa_ou_cm’ U4_Potencial_total_da_água_no_solo_pSi_‘m’ U4_Tensiômetro_potencial_matricial_da_água_no_solo_pSiM_‘cm_ou_hPa’
----------------------------------	----	---	---

5 – Movimento da água no solo	17	U5_Potencial_hidráulico_H_‘m’ U5_Densidade_de_fluxo_de_água_no_solo_q_‘mm_dia”1’ U5_Densidade_de_fluxo_q_Equação_de_Darcy_‘mm_dia”1’ U5_Velocidade_real_da_água_em_solo_saturado_v_‘mm_dia”1’ U5_Velocidade_real_da_água_em_solo_não_saturado_v_‘mm_dia”1’ U5_Tortuosidade_de_um_meio_poroso_T_‘adimensional’ U5_Ko_Condutividade_hidráulica_do_solo_Princípio_físico_‘m_s”1’ U5_Ko_Permêmetro_de_carga_constante_‘mm_dia”1’ U5_Ko_Permêmetro_de_carga_variável_‘mm_dia”1’	U5_Ko_Furo_do_trado_Acima_camada_impedimento_‘m_s”1’ U5_Ko_Furo_do_trado_Até_camada_impedimento_‘m_s”1’ U5_Kteta_Função_exponencial_‘cm_dia”1’ U5_Regressão_linear_Parâmetro_angular_a1_‘adimensional’ U5_Regressão_linear_Parâmetro_linear_a0_‘unidade_da_variável’ U5_Kteta_Função_Mualen_Van_Genuchten_‘mm_dia”1’ U5_Ko_Darcy_coluna_de_solo_‘cm_dia”1’ U5_Ko_Darcy_colunas_solo_Sentido_do_fluxo
6 – Infiltração da água no solo	16	U6_KostiakovLewis_Taxa_de_infiltração_i_‘mm_minuto’ U6_KostiakovLewis_Taxa_de_infiltração_i_média_‘mm_minuto’ U6_Horton_Infiltração_acumulada_I_‘mm’ U6_Horton_Taxa_de_infiltração_i_‘mm_minuto”1’ U6_Horton_Taxa_de_infiltração_i_média_‘mm_minuto”1’ U6_Philip_Infiltração_acumulada_I_‘mm’ U6_Philip_Taxa_de_infiltração_i_‘mm_minuto”1’ U6_Philip_Taxa_de_infiltração_i_média_‘mm_minuto”1’	U6_Taxa_de_infiltração_i_Entrada_saída_de_água_no_sulco_‘mm_h”1’ U6_Kostiakov_Infiltração_acumulada_I_‘mm’ U6_Kostiakov_Taxa_de_infiltração_i_‘mm_minuto’ U6_Kostiakov_Taxa_de_infiltração_i_média_‘mm_minuto’ U6_Kostiakov_Tempo_para_alcançar_a_VIB_‘minuto’ U6_Regressão_linear_Parâmetro_angular_a1_‘adimensional’ U6_Regressão_linear_Parâmetro_linear_a0_‘unidade_da_variável’ U6_KostiakovLewis_Infiltração_acumulada_I_‘mm’

7 – Escoamento superficial	20	U7_Vazão_máxima_Método_Racional_CiA_ 'm3_s"1' U7_Intensidade_de_precipitação_i_estimada_com_a_função_IDF_ 'mm_h"1' U7_Tempo_de_concentração_tc_Kirpich_ 'minuto' U7_Tempo_de_concentração_tc_Ven_Te_Chow_ 'minuto' U7_Velocidade_do_escoamento_superficial_no_terreno_v_ 'm_s"1' U7_Velocidade_do_escoamento_superficial_no_terreno_v_InputBox_ 'm_s"1' U7_Tempo_de_escoamento_no_percurso_do_terreno_tp_ 's' U7_Coeficiente_de_escoamento_superficial_C_Valores_tabelados_ 'adimensional' U7_Coeficiente_de_escoamento_superficial_médio_Cm_para_áreas_heterogêneas_ 'adimensional' U7_Coeficiente_de_escoamento_superficial_corrigido_Cc_ 'adimensional'	U7_Vazão_Q_ 'm3_s"1' U7_Vazão_Equação_da_Continuidade_ 'm3_s"1' U7_Vazão_específica_da_bacia_hidrográfica_q_ 'm3_s"1_km"2' U7_Coeficiente_de_escoamento_superficial_C_ 'adimensional' U7_Precipitação_efetiva_Pef_ 'mm' U7_Tempo_de_concentração_tc_ 'minuto' U7_Frequência_fX_do_evento_X_ 'percentual' U7_Período_de_retorno_T_ 'anos' U7_Ponto_I_do_hidrograma_Linlsey_N_ 'dias' U7_Vazão_de_base_Qbi_da_curva_de_recessão_do_hidrograma_ 'm3_s"1'
8 – Movimento da água no SSPA	5	U8_q_Densidade_de_fluxo_de_água_na_planta_ 'm_s"1' U8_q_Densidade_de_fluxo_de_vapor_na_atmosfera_ 'm_s"1' U8_Potencial_hídrico_atmosférico_ 'm'	U8_q_Densidade_de_fluxo_no_sistema_SoloPlantaAtmosfera_ 'm_s"1' U8_Resistência_da_folha_Rf_ 's_m"2'

9 – Disponibilidade de água no solo para a planta	12	U9_Conteúdo_relativo_crítico_de_água_no_solo_‘adimensional’ U9_Umidade_volumétrica_do_solo_obtida_com_a_umidade_gravimétrica_‘m3_m³’ U9_CAD_Capacidade_de_água_disponível_no_solo_‘mm’ U9_CAD’Perfil_Capacidade_de_água_disponível_no_perfil_do_solo_‘mm’ U9_p_Fração_relativa_de_água_disponível_no_solo_‘adimensional’ U9_AD_Água_facilmente_disponível_no_solo_‘mm’	U9_ARM’Crit_Armazenamento_crítico_de_água_no_solo_‘mm’ U9_p’ETc’_Fração_p_em_função_da_ETc_da_cultura_‘adimensional’ U9_TR_Turno_de_rega_‘dias’ U9_Umidade_volumétrica_crítica_do_solo_‘m3_m³’ U9_z_Profundidade_do_sistema_radicular_Dourado_Neto_e_Van_Lier_‘m’ U9_Profundidade_de_penetração_de_uma_chuva_no_solo_‘m’
10 – Evaporação e evapotranspiração.	13	U 1 0 _ E T _ Evapotranspirômetros_drenagem_‘mm_dia⁻¹’ U 1 0 _ E T o P M _ P e n m a n _ Monteith_‘mm_dia⁻¹’ U10_EToB_Budyko_‘mm_dia⁻¹’ U10_ECA_evaporação_do_Tanque_classe_A_‘mm_dia⁻¹’ U 1 0 _ E T o E C A _ T a n q u e _ classe_A_‘mm_dia⁻¹’ U 1 0 _ k p ’ E C A _ S n y d e r _ C o e f i c i e n t e _ d o _ Tanque_classe_A_para_EToECA_‘adimensional’ U10_EToC_Camargo_‘mm_dia⁻¹’	U10_EToTw_Thorntwaite_‘mm_mês⁻¹’ U10_EToTw_Thorntwaite_modificado_para_diário_‘mm_dia⁻¹’ U10_EToMJS_Moretti_Jerszurki_Silva_função_do_potencial_hídrico_‘mm_dia⁻¹’ U 1 0 _ k c _ C o e f i c i e n t e _ d e _ cultivo_‘adimensional’ U10_ETc_Evapotranspiração_da_cultura_‘mm_dia⁻¹’ U10_kc’DAP_Coeficiente_de_cultivo_conforme_Allen_‘adimensional’

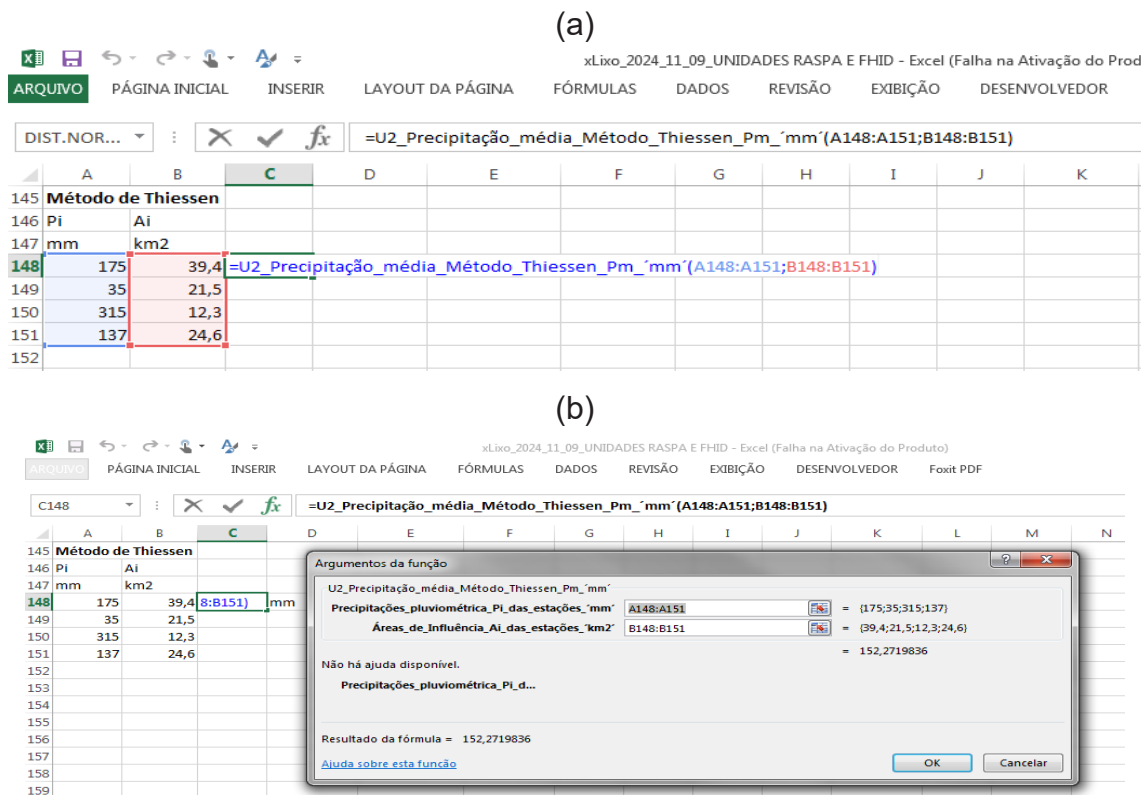
Figura 1: Tela de abertura da biblioteca denominada “Plataforma Moretti: Rotinas computacionais para engenharia de água e solo”.



A utilização das rotinas e procedimentos computacionais da biblioteca pode ser realizada na forma de função, na célula e “barra de fórmulas” da planilha eletrônica (Figura 2a), ou utilizando o respectivo formulário que é criado automaticamente para as funções que são desenvolvidas no editor do VBA-Macro, no ambiente da planilha eletrônica. Clicando-se no botão “inserir função”, que se encontra ao lado da barra de fórmulas, o usuário poderá ter acesso às funções selecionando a opção categoria “Definido pelo usuário”, na caixa de seleção. Posteriormente, escolhe-se a função na lista “Selecione uma função” (Figura 2b).

Como são muitas rotinas desenvolvidas e os seus nomes são longos, para facilitar a utilização para o usuário optou-se por iniciar o nome das mesmas com a letra “U” de unidade, seguida do número da respectiva unidade para qual a função foi criada (U1, U2, U3, ..., U10). Logo, por exemplo, digitando-se “= U2” em qualquer célula da planilha eletrônica o usuário já terá facilmente acesso à lista automática com os nomes de todas as funções da “Unidade 2” do manual (Figura 3a), assim como ocorre com as funções originais já existentes em planilhas eletrônicas. O procedimento adotado também facilita se o usuário desejar encontrar a rotina utilizando o botão “inserir função”, seguido da opção categoria “Definido pelo usuário”, para fazer a escolha da função desejada na lista “Selecione uma função”.

Figura 2: Utilização das rotinas e procedimentos da biblioteca computacional: a) Na forma de função, na célula e “barra de fórmulas” da planilha eletrônica; e, b) Formulário que é criado automaticamente para as funções que são desenvolvidas no editor do VBA-Macro, no ambiente da planilha eletrônica.

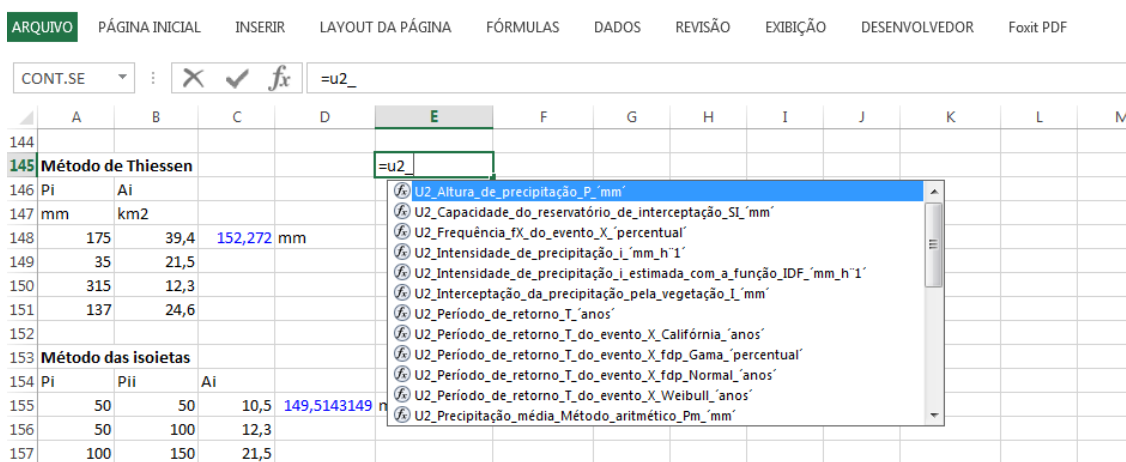


Para agilizar a digitação e/ou escolha da função é importante observar que as teclas de atalho da planilha eletrônica permanecem funcionando e podem ser utilizada para ter acesso às funções da biblioteca criada mais facilmente e rapidamente. Segue dois exemplos de utilização das rotinas com telhas de atalho: a) Aperte as teclas “Shift + F3” que abre o formulário “inserir função” da planilha eletrônica, e posteriormente escolhe-se a opção categoria “Definido pelo usuário” e “Selecione uma função” na caixa de seleção; e, b) Após o símbolo “=”, digite na célula de interesse as iniciais do nome da função (“= Nome”), escolha a função na lista automática que aparece e aperte a tecla “TAB”. Em seguida com as teclas de atalho “Ctrl + A” abre-se o formulário da função.

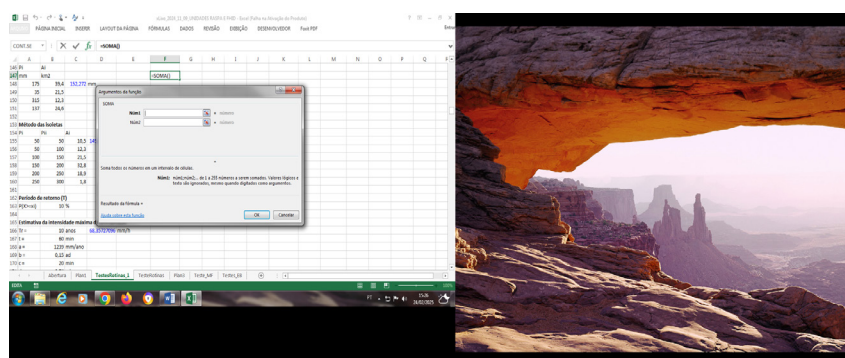
O processo de utilização das funções, preenchendo ou fornecendo os “argumentos” no formulário da função, é exatamente igual a qualquer outra função original que já existe na planilha eletrônica. No entanto, no processo de criação e desenvolvimento das funções o editor VBA-Macro não possibilita a disposição de informações de ajuda no “form funções”, que geralmente ficam abaixo e na lateral direita dos “argumentos” das funções originais da planilha eletrônica (Figura 3b). Para contornar esse problema, e não deixar dúvida para o usuário, optou-se por utilizar nomes de funções e de seus argumentos que fossem o mais informativo possível. Por esse motivo os nomes das funções e suas variáveis ficaram tão longos (Tabela 1).

Figura 3: Utilização de funções em planilha eletrônica: a) Acesso rápido à lista automática contendo os nomes das funções existentes; e, b) Informações de ajuda no “*form* funções”, npaas funções originais da planilha eletrônica.

(a)



(b)



Sem a possibilidade de dispor informações de ajuda no formulário, optou-se também por dispor as unidades dos argumentos das funções (variáveis, constantes, entre outros) no final dos seus nomes (Tabela 1). No entanto, como os nomes das funções e suas variáveis não aceitam caracteres especiais (como () { } [] + - * / “ ” entre outros, sub e sobre escritos), algumas simplificações tiveram que ser feitas para apresentar as unidades. Segue as simplificações: Os espaços foram representados pelo símbolo *underline* (“_”); Os parênteses foram representados pelo símbolo do acento agudo (“´”); e, O sinal de menos foi representado pelo símbolo do trema (“¨”). Desta forma, por exemplo, as unidades de uma variável denominada “velocidade”, representada matematicamente com o nome “Velocidade (m s⁻¹)”, aparecerá nos nomes das funções ou variáveis da planilha como: “Velocidade_´m_s¨1´”. É uma simplificação e adaptação que foi necessária, mas acredita-se que não será motivo de dúvidas para o usuário.

Os testes da biblioteca desenvolvida em planilha eletrônica permitiram a automatização dos cálculos das funções e procedimentos, e proporcionou eficiência, precisão e maior rapidez nas análises. Os resultados de todas as rotinas desenvolvidas foram conferidos baseando-se em exemplos que foram feitos manualmente com auxílio

de calculadora, planilha eletrônica e outros programas. Os resultados obtidos nos testes foram promissores, espera-se que a biblioteca criada seja de grande utilidade para alunos e profissionais (técnicos e professores) da área de engenharia de água e solo.

Outro aspecto interessante que ocorreu, foi que no processo de desenvolvimento e testes das funções verificou-se perspectivas para futuras melhorias e possíveis expansões da biblioteca para novas funcionalidades, o que poderá ser realizado posteriormente em novas versões da biblioteca.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biblioteca de rotinas implementada em planilha eletrônica permitiu a automatização dos cálculos e procedimentos de todas as funções que estão no manual de “Fundamentos de Hidrologia, Irrigação e Drenagem”, proporcionando eficiência, precisão e maior rapidez nas análises envolvendo procedimentos matemáticos e físicas para engenharia de água e solo.

A biblioteca de rotinas incrementará as ferramentas computacionais da Plataforma MORETTI, e poderão ser utilizadas em outros módulos que serão desenvolvidos, bem como disponibilizadas à comunidade em geral.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F.; CUNHA, B. L. D. Uso de planilhas eletrônicas como ferramentas educacionais aplicadas à robótica móvel. **Intermaths**, v. 4, n. 2, p. 75-84, 2023. <https://doi.org/10.22481/intermaths.v4i2.13860>
- ARAÚJO, P. R.; ALMEIDA, D. D.; SOUSA, G. D.; RIBEIRO, T.; BARROS, M. T.A. Reprovação nas disciplinas básicas: uma reflexão dos aspectos pedagógicos, na perspectiva dos docentes e discentes aprovados. In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (2011, Blumenau). **Anais**. Blumenau: COBENGE, 2011. 11p. (Editado em CD-ROM).
- CARVALHO, M. F.; SANTOS, E. R. Ensino de química para ciências agrárias: percepção dos acadêmicos sobre metodologias tradicional e ativa. **Revista REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 10, n. 2, e22027, 2022.
- FIORANI, L. A.; LOPES, M. P. G.; NAKAO, O. S. Evasão na engenharia civil da escola politécnica da USP: O que pensam alunos e professores. In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (2011, Blumenau). **Anais**. Blumenau: COBENGE, 2011. 8p. (Editado em CD-ROM).
- MODLER L. E.; FEIL M. S. Características, possibilidades e limitações de um software como ferramenta de apoio para o ensino das disciplinas do curso de engenharia civil da Unijuí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (2003, Rio de Janeiro). **Anais**. Rio de Janeiro: COBENGE, 2003. 11p (Editado em CD-ROM).
- MODLER, L. E. A.; KRUG, L. F.; LAZZAROTTO, N. Desenvolvimento de rotinas computacionais para solução de problemas relacionados à engenharia civil. In: XXXIII

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM ENGENHARIA (2005, Campina Grande). **Anais**. Campina Grande: COBENGE, 2005. 8p (Editado em CD-ROM).

MORAIS, C. G. B.; ARAÚJO, P. H. Utilização de planilhas eletrônicas no ensino de resistência dos materiais. **Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE**, 2013. 4p.

RONCOVSKY, V.; SOUZA, J. L. M. Levantamento e análise dos parâmetros da equação de Angström-Prescott de localidades brasileiras para a constituição de um módulo computacional voltado à disponibilização de dados e estimativa da radiação solar incidente. **Anais**. CONVIBRA, 2023. 8p. (Evento Online: www.convibra.org)

SOUZA, J. L. M. Modelo de análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro. Piracicaba, 2001. 253p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

SOUZA, J. L. M. **Fundamentos de hidrologia, irrigação e drenagem**: notas de aula. Curitiba, Plataforma Moretti/DSEA/SCA/UFPR, 2019. (Manual didático)

SOUZA, J. L. M.; FRIZZONE, J. A. Modelo aplicado ao planejamento da cafeicultura irrigada. III. Análise de risco econômico da cafeicultura em dois sistemas de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 399-408, 2003b.

SOUZA, J. L. M.; FRIZZONE, J. A. Modelo aplicado ao planejamento da cafeicultura irrigada. I. Simulação do balanço hídrico e do custo com água. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 103-112, 2003a.

SOUZA, J. L. M.; GURSKI, B. C.; XAVIER, A. C. Plataforma Moretti: Módulo - Valor provável decendial das componentes hídricas (soja e milho), temperaturas do ar e radiação solar incidente, para o Estado do Paraná. Versão: 2024/1.0. Curitiba: LAMOSA/DSEA/UFPR, 2018. <<http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/programas.htm>>

SOUZA, J. L. M.; KIMURA, B. H.; UHLIK, C. F.; MAZIERO, R. O.; MORETTI, M. S. Módulo computacional para disponibilização do coeficiente kRs de Hargreaves e Samani de localidades brasileiras e cálculo da radiação solar incidente. **Anais**. CONVIBRA, 2023. 8p. (Evento Online: www.convibra.org)

SOUZA, J. L. M.; MICHAOVSKI, R. E.; MOCELIN, L. K.; RONCOVSKY, V.; BILYK, C. G.; MORETTI, M. S. Levantamento de parâmetros e desenvolvimento de módulo para cálculo da intensidade, duração e frequência da precipitação pluviométrica de localidades brasileiras. **Anais**. CONVIBRA, 2022. 10p. (Evento Online: www.convibra.org)

SOUZA, J. L. M.; RITA, Y. L.; XAVIER, A. C. Plataforma Moretti: Módulo - Valor provável decendial das componentes hídricas da cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo. Versão: 2024/1.0. Curitiba: Plataforma Moretti/LAMOSA/DSEA/UFPR, 2020. <<http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/programas.htm>>

VELASCO, D. C. R.; ALMEIDA, S. S.; ALMEIDA, T. M.; MACHADO, C. B. H. Avaliação da utilização de planilhas eletrônicas como ferramenta de apoio ao ensino de engenharia. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 19, n. 2, p. 486-495, 2021.