



IV-216 – MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DA DISPERSÃO DE POLUENTES EM RIOS

Erick dos Santos Leal⁽¹⁾

Graduando de Eng. Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual da Paraíba. Aluno de Iniciação Científica PIBIC/UEPB.

Fernando Fernandes Vieira

Engenheiro Químico (UEPB, 1986), Mestre em Engenharia Química (UEPB, 1989), Doutor em Engenharia Mecânica (UEPB, 2002). Professor Titular de Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Geralda Gilvania Cavalcante de Lima

Engenheira Química (UEPB, 1988), Mestre em Engenharia Química, (UEPB, 1992), Doutora em Engenharia Mecânica, (UEPB, 2002). Professora Titular do Departamento de Química (UEPB).

Carlos Antonio Pereira de Lima

Engenheiro Químico (UEPB, 1988), Mestre em Engenharia Química, (UEPB, 1992), Doutor em Engenharia Mecânica, (UEPB, 2002). Professor Titular do Departamento de Química (UEPB).

Endereço⁽¹⁾: Rua: João Batista Neves, Nº74-A – Santa Cruz – Campina Grande - PB - CEP: 58417-070 - Brasil - Tel: (83) 3335-5501 - e-mail: erickleal21@gmail.com

RESUMO

A água é um dos recursos vitais para os seres vivos, desempenhando funções de extrema importância na qualidade de vida. Uma das formas de armazenamento de água doce, mais acessíveis ao uso são os rios. A partir da Revolução Industrial, que acarretou um desenvolvimento dos grandes centros, que se desenvolveram próximos aos rios, devido à implantação das indústrias. Este trabalho desenvolve um modelo fluidodinâmico para um trecho de rio capaz de prever a dispersão de compostos industriais sendo lançados em um rio. Foi realizada a modelagem das equações da velocidade e do transporte de massa, resolveu-se os modelos matemáticos mediante a aplicação do Método dos Volumes Finitos e as equações obtidas implementadas em código computacional, para a validação através de simulações. As análises das variações dos parâmetros do sistema como coeficiente de difusão que quando maior for mais distante do ponto de lançamento ocorrerá mistura total da substância. As dimensões do rio que irá receber esses efluentes, se o comportamento da pluma será maior transversalmente ou longitudinalmente. A vazão do rio quanto mais elevado, maior será o perfil de velocidade e assim mais distante será o ponto que ocorre à mistura total da substância. A concentração inicial do efluente em que influenciara na saturação ou não da região do rio. Os resultados demonstraram que a modelagem matemática, aplicada a simulação computacional, representa uma ferramenta importante para ter ideia do comportamento de um determinado poluente no rio, servindo no auxílio da implementação de ações preventivas e corretivas de impactos em rios.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem Matemática, Simulação Computacional, Poluição; Águas Superficiais

INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos vitais para os seres vivos, desempenhando funções de extrema importância na qualidade de vida. Uma das formas de armazenamento de água doce, mais acessíveis ao uso são os rios.

A humanidade, durante milênios, considerou a água como um recurso inesgotável e de qualidade adequada para seu consumo e o desenvolvimento de suas atividades. Em um mundo essencialmente rural, o meio ambiente tinha capacidade de assimilação superior à poluição produzida pelo homem.

A partir da Revolução Industrial, que acarretou um desenvolvimento dos grandes centros e ocupação dos espaços, devido à implantação das indústrias e da imigração de trabalhadores. Após a Segunda Guerra Mundial, vários países começaram a identificar problemas relacionados industrialização e urbanização, com problemas de qualidade da água dos rios, originado pela emissão dos efluentes industriais e domésticos sem tratamento.



Essa situação é preocupante, principalmente pelo fato da população mundial haver ultrapassado o marco de 6,2 bilhões de habitantes no ano de 2002 e de suas atividades antrópicas já terem atingido uma escala de utilização dos recursos naturais disponíveis que obrigam todos a pensar no futuro sob nova perspectiva (BRAGA et al., 2005).

Estima-se que a quantidade total de água na Terra tem permanecido praticamente constante durante os últimos 500 milhões de anos, as formas de armazenamento mais acessíveis ao uso humano, e aos ecossistemas são lagos e os rios. A exploração do potencial hídrico subterrâneo, apesar de apresentar uma reserva hídrica muito superior a dos rios e lagos, constituem uma atividade de risco que exige tecnologia avançada de investigação hidrogeologia e perfuração de poços, de altíssimo custo, para a captação de águas subterrâneas em lençóis a mais de 1.000 m de profundidade (SHIKLOMANOV, 1997).

As maiores das cidades se desenvolveram próximas aos rios, o que aumenta preocupação com a qualidade dos efluentes lançados, para evitar maiores danos ao rio receptor. O consumo da água aumenta de acordo com o desenvolvimento social e econômico da região. Desta forma, a expansão industrial e urbana, bem como o avanço no desenvolvimento da agricultura, leva a um crescimento no consumo de água (BRAGA et al., 2005). Os rios sempre representaram um ponto importante no desenvolvimento das atividades humanas. A maioria das civilizações antigas desenvolveu-se próxima a rios ou vales de rios. Bons exemplos do surgimento de grandes civilizações da Antiguidade estão ao longo do Rio Nilo do Egito, do Rio Amarelo na China e do Rio Hindu no oeste da Ásia. Nestas regiões, foram obtidos os primeiros avanços na construção de pontes e sistema de irrigação e no controle de enchentes. Hoje, após 2000 anos de desenvolvimento, os rios ainda constituem uma enorme fonte de estudo para engenheiros e pesquisadores fascinados em entender como estes corpos d'água respondem a mudanças da natureza e a interferências humanas (SÍMONS E SENTURK, 1992).

Durante o III Fórum Mundial das Águas, realizado em Kyoto-Japão no ano de 2003, foi divulgado um estudo feitas pela Organização das Nações Unidas (ONU), onde previa que entre 2 a 8 bilhões de pessoas poderão sofrer com a falta de água potável ou com saneamento básico inadequado até a metade do século XXI.

O Brasil é dotado de uma vasta e densa rede hidrográfica. A situação da poluição hídrica deste país tem se agravado devido o aumento das cargas poluidoras urbanas e industriais, o uso inadequado do solo, desmatamento, mineração, e a excessiva aplicação de insumos agrícolas. Os problemas com a qualidade da água que antes estava limitando a grandes capitais estão se disseminando pelo interior, devido ao desenvolvimento econômico que algumas regiões vêm apresentando.

A situação dos recursos naturais faz com que sejam tomados cuidados adicionais, como o estabelecimento de leis e normas que exigem um estudo das prováveis consequências ambientais de cada novo empreendimento. Assim na instalação de novos empreendimentos, especialmente quando for necessário o despejo de seus efluentes em rios. Há a necessidade da elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), abordando a previsão dos impactos ambientais causado pela emissão dos efluentes em rios. Necessitando de meios confiáveis de prever o comportamento dos poluentes no meio ambiente.

A modelagem matemática aplicada na simulação computacional é uma poderosa ferramenta, que tem auxiliado o homem na compreensão dos fenômenos que o cercam para poder intervir em seu processo de construção. O objetivo da pesquisa é o desenvolvimento de um modelo fluidodinâmico para um trecho de rio capaz de prever a dispersão de compostos industriais sendo lançados neste rio. Tomando como problema um meio com escoamento unidirecional e permanente, sistema diluído, propriedades do fluido constantes, escoamento incompressível.

METODOLOGIA

Foi realizada a modelagem das equações da velocidade e do transporte de massa, a partir das equações:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} \right) + K = 0 \quad (1)$$

$$v_x \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) \quad (2)$$



As equações (1) e (2) descrevem o transporte do poluente em um rio, em seguida resolveu essas equações mediante a aplicação do Método dos Volumes Finitos. É implementamos as equações obtidas em um código computacional, para efetuar as simulações. Após a validação através de simulações computacional. Depois partimos para analisar a influência da variação dos parâmetros do sistema como: coeficiente de difusão(D), Largura x Profundidade (LxP), Vazão do rio e Concentração do efluente.

RESULTADOS

Os resultados obtidos analisando o lançamento lateral do efluente no rio. Iniciou as análises com a determinação dos perfis de velocidade e concentração de uma substancia inerte. Para exemplificar os resultados obtidos neste trabalho, será detalhado a análise do coeficiente de dispersão. Os parâmetros não avaliados fixos em: $L \times P = 10 \times 2$; $K = 1.00 \text{ m}^2/\text{s}$ e $C_0 = 5000 \text{ mg/L}$.

Como os perfis de velocidade encontrados, com a variação do coeficiente de dispersão não há variação, o que nos faz perceber que o coeficiente de dispersão influi apenas na dispersão da substância no rio. O perfil esta representado na Figura 1.

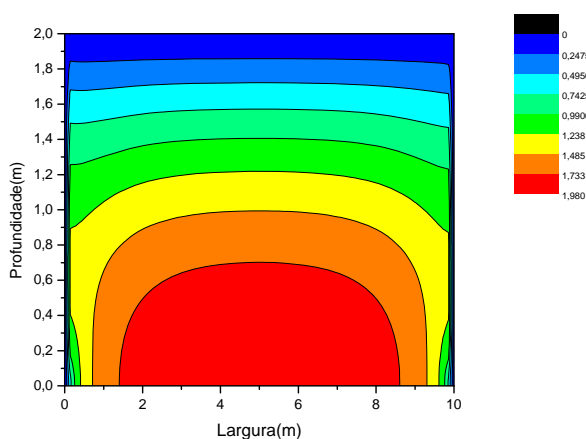


FIGURA1-Perfil transversal da velocidade no rio.

Os perfis da concentração, mostrados na Figura 2, estão localizados em regiões próximas ao lançamento, podemos notar que se o efluente tiver coeficiente de difusão alto o comportamento da pluma tende a se dispersar rapidamente, o que representara que a mistura total da substância, ocorre próximo ao ponto do lançamento. Porem se tiver coeficiente de difusão baixo à mistura total da substância tende a ocorrer mais distante do ponto de lançamento, dependendo do perfil da velocidade do rio, para ocorrer essa mistura.

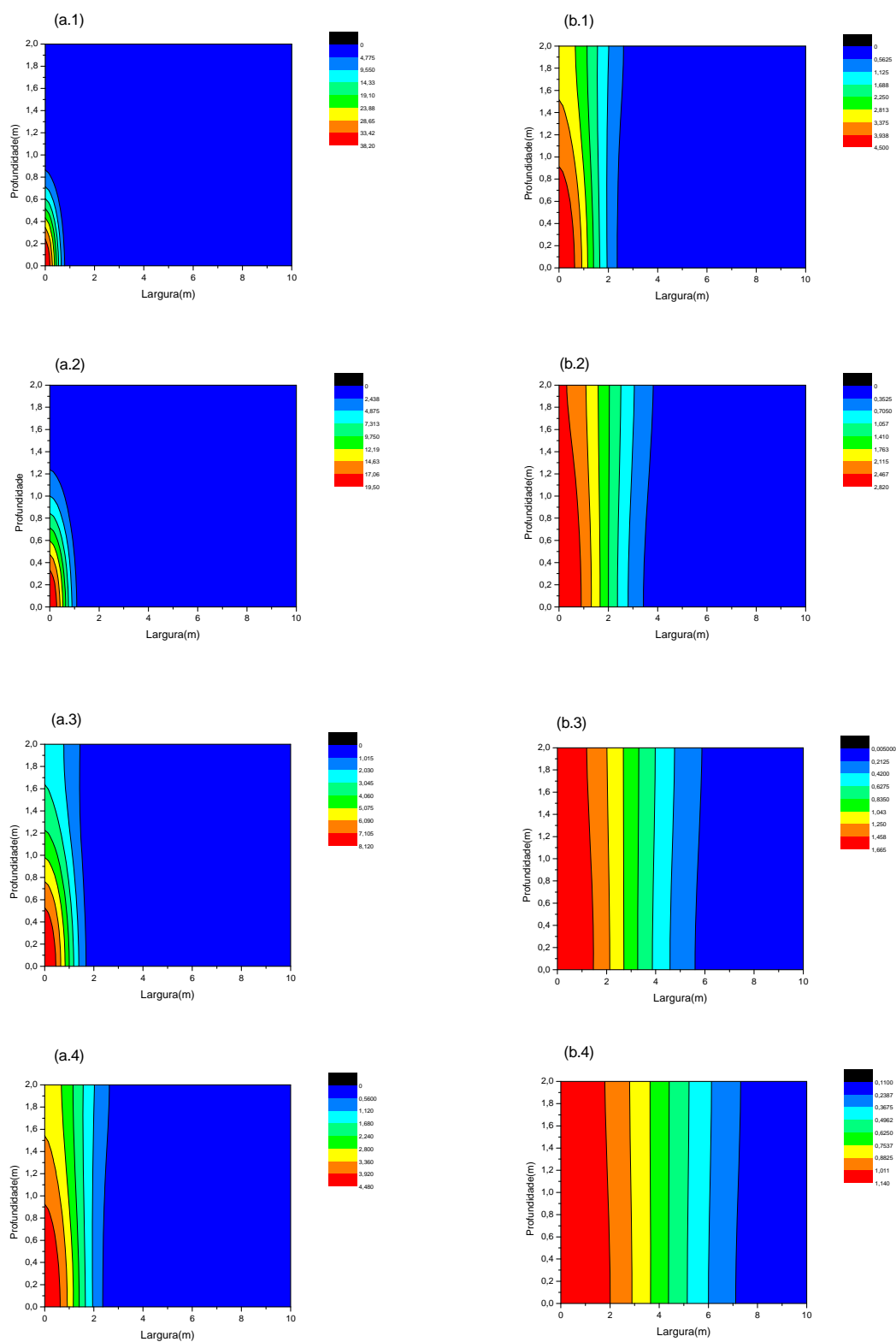


FIGURA 2- Perfil da concentração transversal onde a 2,5m do lançamento do efluente (a.1) e $D=0,01\text{m}^2/\text{s}$; (a.2) $D=0,02\text{m}^2/\text{s}$; (a.3) $D=0,05\text{m}^2/\text{s}$; (a.4) $D=0,10\text{m}^2/\text{s}$. e a 25m (b.1) $D=0,01\text{m}^2/\text{s}$; (b.2) $D=0,02\text{m}^2/\text{s}$; (b.3) $D=0,05\text{m}^2/\text{s}$; (b.4) $D=0,10\text{m}^2/\text{s}$.



PERFIL DA CONCENTRAÇÃO LONGITUDINAL

Na Figura 3 são apresentados os perfis da concentração ao longo do trecho estudado, localizados próximo ao lançamento do efluente, demonstrando o comportamento da substância na superfície, no meio e no fundo do rio. Podemos chamar atenção para o comportamento da substância em um ponto mais distante do lançamento, onde a concentração não é tão elevada, a difusão da substância só é notada de forma significativa com o coeficiente de difusão elevado. Sendo assim a grandes distancia do lançamento do efluente, o coeficiente de difusão tem grande influência com o comportamento da substância.

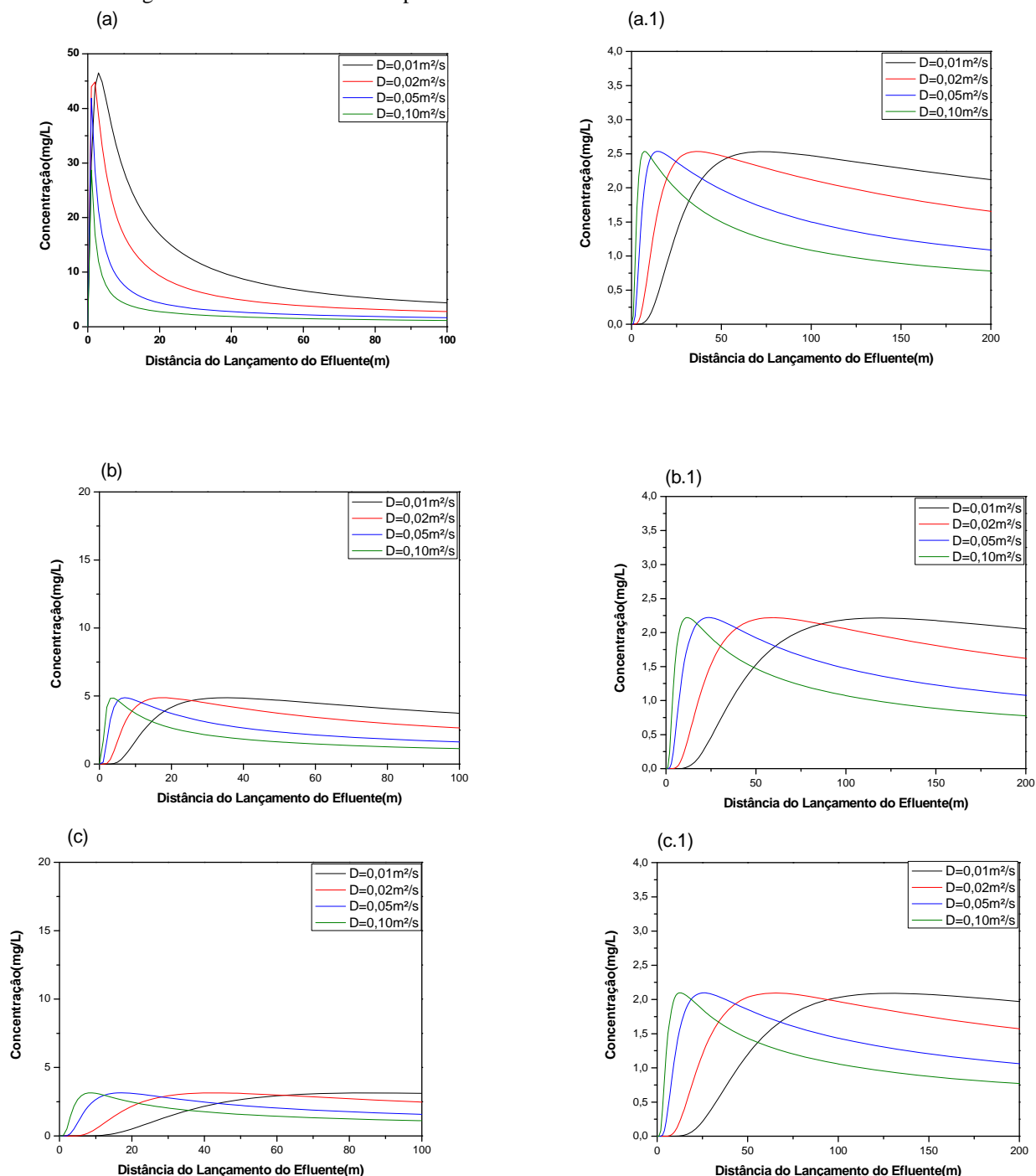


FIGURA 3-Gráficos do perfil longitudinal da concentração onde a 0,42m na superfície (a), no meio (b) e (c) no fundo, e 1,42m na superfície (a.1), no meio (b.1) e no fundo (c.1).



CONCLUSÕES

Algumas conclusões podem ser tiradas dos resultados obtidos neste trabalho, com a variação de alguns parâmetros, como o coeficiente de difusão(D), que interfere no ponto que irá ocorrer a mistura total da substância, mais distante do ponto de lançamento ou mais próximo. Outros parâmetros analisados no trabalho, que também fez parte do estudo. Como as dimensões do rio que irá receber esses efluentes, se o comportamento da pluma será maior transversalmente ou longitudinalmente. Outro parâmetro é a vazão do rio, que quanto mais elevado for, maior será o perfil de velocidade e assim mais distante será o ponto que ocorre a mistura total da substância. E a concentração inicial do efluente, em que influenciará na saturação ou não da região do rio em que será despejado esse efluente. Sendo assim informações importantes, para saber se o rio terá capacidade de receber tal efluente, ou possíveis instalações de empreendimentos a montante, ou de pontos de adução a jusante.

Assim a modelagem matemática, aplicada a simulação computacional, representa uma ferramenta importante para ter idéia do comportamento do poluente no rio, servindo no auxílio da implementação de ações preventivas e corretivas de impactos ocasionadas aos rios. Como também no gerenciamento de uma bacia hidrográfica, servindo como ferramenta de apoio a tomada de decisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SIMONS, D. B. e SENTÜRK, F., (1992), Sediment Transport Technology – Water and Sediments Dynamics, Water Resources Publications.
2. BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPCENER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N. e EIGER, S. (2005), Introdução à Engenharia Sanitária e Ambiental. Pearson Education do Brasil, São Paulo, Brasil.
3. SHIKLOMANOV, I.A.; (1997) Comprehensive assessment of fresh resources of world; assessment of water resources and water availability in the world. WMO/SEI