

## **XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

### **ANÁLISE HIDROLÓGICA DE UMA BACIA DE DETENÇÃO PELO HIDROGRAMA UNITÁRIO SINTÉTICO ADIMENSIONAL**

*Mikaele Silva Kuriki<sup>1</sup>; Francisco Lledo dos Santos<sup>2</sup>; Fernando da Silva Sallo<sup>3</sup> & Cristiano Poletto<sup>4</sup>*

**RESUMO** - Devido as transformações que a urbanização das cidades tem provocado, diversos fenômenos climáticos foram intensificados nos últimos anos, em decorrência principalmente do processo de impermeabilização e compactação do solo. Esses fatores impactam diretamente no ciclo hidrológico e como consequências, enchentes e alagamentos se tornaram recorrentes nas cidades brasileiras. Nesse sentido, o presente trabalho tem o objetivo de promover uma análise hidrológica de uma bacia de retenção no município de Campo Novo do Parecis – MT, utilizando-se do método do SCS (Soil Conservation Service) para a produção do hidrograma unitário sintético adimensional. Como resultado foi possível obter as vazões de pico máximas, com períodos de retorno de 10, 25 e 50 anos para chuvas de 40 minutos de duração. Os eventos com maior destaque foram as simulações para os anos de 2030 e 2050 com tempo de retorno de 50 anos, sofrendo acréscimos de vazão de pico de 38, 33 e 41,93 m<sup>3</sup>/s, respectivamente para cada ano.

**Palavras-Chave:** Hidrologia. Vazões. Inundações.

**ABSTRACT** - Because of the transformations that the urbanization of the towns has provoked, several climatic phenomena have been intensified in recent years, as a result mainly of the proofing process and soil compaction. These factors impact directly on the hydrological cycle and as consequences, flooding and waterlogging have become recurrent in Brazilian cities. In this sense, the present work aims to promote a hydrological analysis of a detention basin in the city of Campo Novo do Parecis-MT, using the method of the SCS (Soil Conservation Service) for the production of synthetic unit hydrograph dimensionless. As a result it was possible to obtain the maximum peak flow rates, with return periods of 10, 25 and 50 years for 40-minute showers. The most notable events were the simulations for the years 2030 and 2050 with turnaround time of 50 years, suffering peak flow increases 38, 33 and 41.93 m<sup>3</sup>/s, respectively for each year.

**Keywords:** Hydrology. Flows. Floods.

1) Universidade do Estado do Mato Grosso – UNEMAT, Tangará da Serra - MT, (65) 999356251, mikaele.kuriki@unemat.br

2) Universidade do Estado do Mato Grosso – UNEMAT, Cacéres – MT, (65) 999719582, franciscollado@unemat.br

3) Universidade do Estado do Mato Grosso – UNEMAT, Tangará da Serra – MT, (65) 981566573, fdss88@gmail.com

4) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre – RS, (51) 997000377, cristiano.poletto@ufrgs.br

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização tem modificado drasticamente o ambiente em que vivemos, a expansão de atividades industriais fez com que milhares de pessoas migrassem para os grandes centros, assim, vários problemas foram desencadeados, visto que a falta de planejamento e infraestrutura fizeram com que diversas áreas fossem ocupadas de forma irregular, como planícies de ocupação e terras próximas aos leitos dos rios.

Outros problemas enfrentados estão relacionados a compactação do solo, além da excessiva produção de resíduos sólidos e o déficit de saneamento básico. Essas alterações afetam a hidrologia dessas regiões, causando aumento do escoamento superficial e diminuição na capacidade de infiltração, em virtude do incremento de áreas impermeabilizadas, gerando assim, enchentes e alagamentos nas cidades.

As inundações são fenômenos que afetam as civilizações desde os tempos mais remotos, e milhares de pessoas sofrem grandes perdas todos os anos com esse tipo de desastre, tornando-se mais intensos e recorrentes. De acordo com UN (2004) nas últimas décadas, as inundações causaram prejuízos em torno de um terço comparado aos outros tipos de desastres no mundo.

Com os episódios de inundações ocorridos no município de Campo Novo do Parecis no Estado do Mato Grosso no ano de 2017, que atingiram principalmente o bairro Jardim das Palmeiras, elevando o nível da água em 1,5 m para dentro das casas, fazendo com que aproximadamente 900 famílias tivessem que se abrigar em outros locais. Conforme levantamento do Governo estadual em 48 horas choveu mais que o previsto para todo o mês, sendo assim, o “piscinão” que é um dos dispositivos que recebe as águas pluviais, não suportou o volume recebido e transbordou, motivando o estudo (G1. GLOBO, 2018).

Nesse contexto, o presente trabalho tem o intuito de verificar a respeito do: (i) realizar uma análise hidrológica do dimensionamento de uma bacia de retenção do município de Campo Novo do Parecis – MT e (ii) desenvolver a produção e avaliação de um hidrograma unitário sintético adimensional pelo método do SCS (Soil Conservation Service) atual NRCS (Natural Resources Conservation Service).

### 1.1 HIDROGRAMA UNITÁRIO SINTÉTICO ADIMENSIONAL DO SCS

Hidrograma ou Fluviograma é uma reprodução gráfica da variação da vazão em relação ao tempo, assim, é possível aferir fenômenos que são relevantes para a hidrologia. O hidrograma unitário descreve o escoamento superficial correspondente a uma precipitação efetiva unitária que possui uma intensidade contínua distribuída em uma área de drenagem (PINHEIRO, 2011).

Segundo Silveira (2016) os estudos a respeito do hidrograma unitário (HU) foram elaborados por Sherman (1932), tornando-se um marco para a hidrologia, pelo fato de ser um método simples e

prático que calculava hidrogramas a partir de uma determinada chuva. Posteriormente houve a necessidade de se obter hidrogramas, geralmente em bacias de menores dimensões, onde não se dispunha de dados fluviométricos, surgindo então, com estudos de Snyder (1938) a proposta de hidrograma unitário sintético (HUS), utilizando um modelo hidrológico calibrado fundamentado em parâmetros relacionados a características físicas da área em estudo.

## 1.2 CHUVA EFETIVA PELO MÉTODO DO SCS-CN

O NRCS (Natural Resources Conservation Service) tem um hidrograma unitário adimensional que foi produzido por Mockus (1957), este hidrograma possui um formato curvilíneo devido a razão adimensional entre a vazão e a vazão de pico e entre o tempo e o tempo de pico (CUNHA et al., 2015).

Quantificar o escoamento superficial é uma ação complexa e está ligada a diversos fatores, que estão relacionados a parâmetros em modelos de chuva-vazão. O maior detalhamento do modelo torna mais difícil sua aplicação, pois há necessidade de obter e conhecer estudos experimentais com grau de confiabilidade, todavia os dados de registros de precipitação/ vazão no país são escassos (TUCCI, 2003).

O cálculo de chuva efetiva ou volume de escoamento superficial, é o resultado de um evento de chuva, sendo um método amplamente utilizado, além de ser um dos mais simples. Foi desenvolvido pelo *Nacional Resources Conservation Center* dos Estados Unidos, que antigamente era o *Soil Conservation Service* – SCS. Um dos parâmetros mais importantes dessa metodologia é o *Curve Number* (CN) que está ligado ao tipo de solo da região (Quadro 1) e às características da ocupação e do solo da bacia (COLLISCHONN e TASSI, 2008).

De acordo com Suphunvorranop (1985) essa metodologia foi concebida com o objetivo de medir o escoamento superficial gerado através de eventos de precipitações, auxiliando também nas análises da influência das condições geológicas nesse escoamento. Segundo Collischonn e Tassi (2008) o escoamento em uma dada bacia é geralmente analisado em duas etapas, a geração de escoamento e a propagação do escoamento. Na ocorrência de chuvas intensas, o maior volume de vazão que passa pelo rio é a própria chuva que não infiltra no solo e escoar, atingindo os cursos d'água e elevando a vazão, formando assim os picos de vazões e as enchentes. O escoamento que acontece em consequência direta das chuvas é denominado escoamento superficial.

Quadro 1: Características dos tipos de solos considerados no método SCS

Grupo de solo	Características do solo
A	Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila.
B	Solos menos permeáveis do que o anterior, solos arenosos menos profundo do que o tipo A e com permeabilidade superior à média.
C	Solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo.
D	Solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

Fonte: Tucci et al. (1993)

## 2. METODOLOGIA

Campo Novo do Parecis é um município do Estado de Mato Grosso, Região Centro Oeste do Brasil (Figura 1), 390 km da capital Cuiabá. Localiza-se a uma latitude de 13°38'51"S e a uma longitude 57°53'11"W, sua população é de 33.551 habitantes (IBGE, 2017). Seu relevo é do tipo Chapadão dos Parecis e sua bacia hidrográfica compostas pela Bacia Amazônica, sendo os principais rios o Rio Sucuruína, Rio do Sangue, Rio Membeca, Rio Verde e Rio Papagaio. Seu clima pode ser caracterizado como equatorial e tropical quente e úmido, com médias de temperatura de 24 °C, e precipitação média entre 1900 e 2400 mm anuais (PREFEITURA DE CAMPO NOVO DO PARECIS, 2019).



Figura 1- Município de Campo Novo do Parecis – MT  
Fonte: Abreu (2006)

O município possui um reservatório de detenção (piscinão), com 600 metros de comprimento por 120 de largura, profundidade de 6 metros, correspondendo a uma área de 7,2 ha e com capacidade de 432.000 m<sup>3</sup> (Figura 2), que recebe grande parte dos volumes de água que é escoada na bacia de contribuição da cidade (PREFEITURA DE CAMPO NOVO DO PARECIS, 2019).



Figura 2- Bacia de detenção do município. Fonte: Prefeitura de Campo Novo do Parecis

Com o intuito de analisar o escoamento superficial da bacia de contribuição do município como um condicionante dos eventos de inundação, através de simulações para diferentes cenários de uso e ocupação, realizou-se estudos com aplicação de um método que relaciona precipitação-vazão.

Para se chegar ao cálculo da chuva efetiva pelo método SCS, primeiramente foi obtido, através de estudos feitos por Oliveira *et al.* (2011) os coeficientes da relação IDF (Intensidade, Duração e Frequência) apresentados na (Quadro 2).

Quadro 2: Coeficientes de IDF

<b>Coeficientes de IDF</b>					
<b>CÓDIGO</b>	<b>ESTAÇÃO</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>
<b>1358001</b>	Bacaval	916,2405	0,1619	9,7862	0,7242

Fonte: Oliveira et al (2011)

Através do coeficiente IDF, pôde-se obter a intensidade máxima da chuva para determinados tempos de retorno de 10, 25 e 50 anos. E a partir da intensidade obteve-se o escoamento, escoamento acumulado, infiltração e infiltração acumulada.

O escoamento acumulado foi desenvolvido através dos parâmetros CN que possui relação com o tipo de solo da região e uso e ocupação, nesse estudo foi utilizado dois tipos de uso e ocupação do solo sendo elas uma média entre zonas cultivadas com e sem conservação do solo resultando em um CN de 86 e zonas residenciais com lotes < 500 m<sup>2</sup> com CN de 92. Realizou-se a média ponderada dos valores, chegando-se a um CN de 88 para 2018, CN 89,5 para 2030 e CN 91,5 para 2050, anos estes analisados. Além disso, estimou-se os volumes de água com vazões máximas para os anos de 2030 e 2050 e seus respectivos tempos de retorno.

Para o estudo foi determinado a área de contribuição da bacia (Figura 3), sendo a delimitação baseada em um MDE (Modelo Digital de Elevação) de 30 metros do Topodata, retirado do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Resultando em uma área de 15,9 km<sup>2</sup>.



Figura 3- Em verde a delimitação da bacia de retenção, localizada no Bairro Jardim das Palmeiras no Município de Campo Novo do Parecis - MT. Fonte: INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)

Ressalta-se que a região sul da área de contribuição não fez parte do estudo por perceber que há como divisor de águas uma estrada vicinal, e assim supõe-se que as águas dessa região não chegam até a bacia de retenção, assim como a parte leste da área urbana, que tem como divisor uma rodovia que corta a cidade, dessa forma, foi considerada que as águas dessa localidade desaguam em outra bacia de contribuição.

Através desse levantamento das áreas de contribuição, divididas em área residencial e zonas de agricultura, foi possível desenvolver uma curva de tendência de crescimento da urbanização (Figura 4).

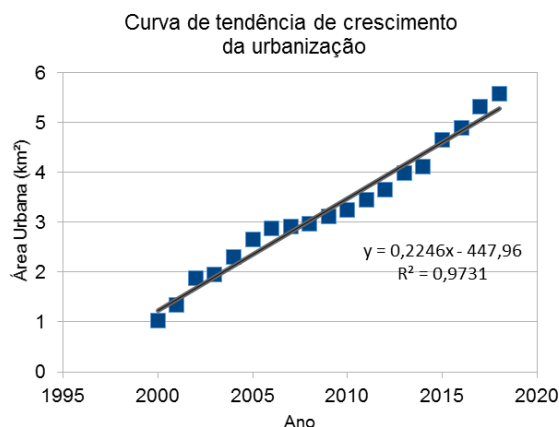


Figura 4- Tendência de crescimento da urbanização. Fonte: Autora (2018)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da modelagem hidrológica do método SCS, foi possível a obtenção de hidrogramas com as respectivas vazões de pico máximas, com períodos de retorno de 10, 25 e 50 anos para chuvas de 40 minutos de duração, contribuindo para compreensão dos volumes de escoamento, que chega até a bacia de retenção do município. Além disso, obteve-se avaliações hidrológicas quanto as precipitações, infiltração e escoamento para os tempos de retorno considerados, percebendo-se que das precipitações que ocorrem as os períodos de retorno, uma pequena parcela consegue infiltrar no

solo, sendo que a parcela não infiltrada, torna-se escoamento superficial, que pode acarretar em problemas graves, se os dispositivos de drenagem urbana não forem devidamente dimensionados.

É importante dar ênfase que as operações hidrológicas realizadas se deram através de três simulações diferentes: uma para a atual ocupação urbana, e duas situações para os anos de 2030 e 2050, simulando o crescimento urbano da cidade, com os respectivos CNs, referentes as condições de uso e ocupação do solo.

Destaca-se que os eventos dos anos de 2030 e 2050 foram os que sofreram maiores acréscimos de vazão de pico 38,33 e 41,93 m<sup>3</sup>/s, respectivamente para cada ano, em um TR de 50 anos, que atinge a bacia de detenção de Campo Novo do Parecis- MT, devido ao incremento da área urbanizada, houve o aumento do volume escoado na superfície, possível de se perceber nos hidrogramas unitários adimensionais da (Figura 5, 6 e 7). Devido a declividade da bacia ser muito pequena, pelas condições de relevo da cidade, os picos máximos apresentaram certa suavidade.

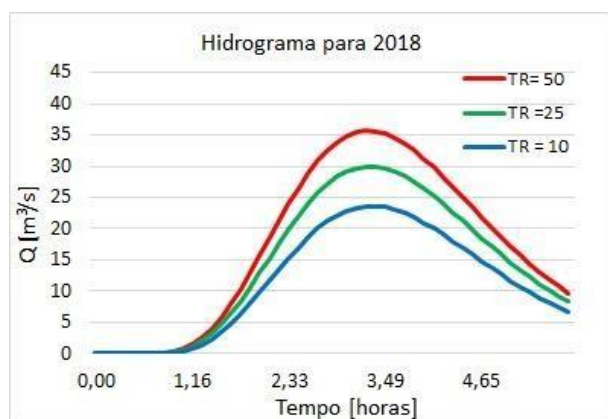


Figura 5- Hidrograma 2018 com CN de 88

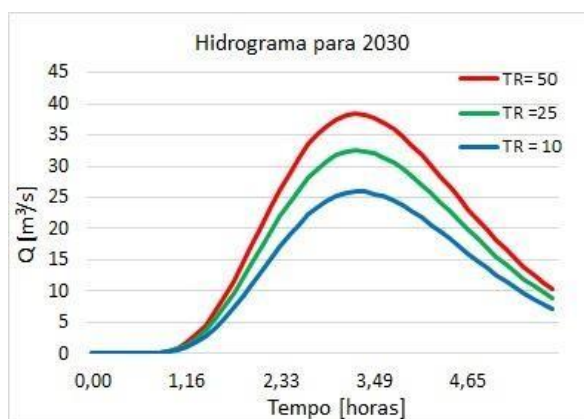


Figura 6- Hidrograma 2030 com CN de 89,5

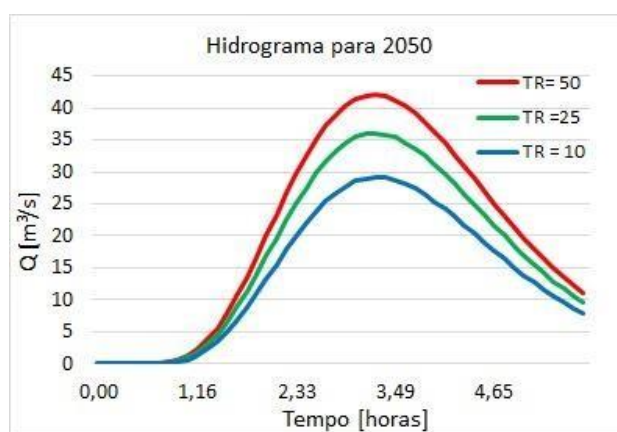


Figura 7- Hidrograma para 2050 com CN de 91,5

A análise de volume de água que chega a bacia de detenção da cidade, foi realizada a partir da integração das vazões para os períodos de retorno, estimando-se assim seus respectivos volumes, constatando-se que para um TR de 50 anos no ano de 2050 pode ocorrer um volume de 319.540,26 m<sup>3</sup> de água, correspondendo a 74% da capacidade da bacia de detenção existente no ano de 2018.

Esses cálculos levaram em consideração que a bacia de detenção estava com disponibilidade de 100% da sua capacidade, em condição seca, entretanto caso haja algum volume existente, este deverá ser acrescentado ao valor estimado, podendo ocorrer o transbordamento da bacia.

Comparando-se os resultados com trabalhos desenvolvidos por Mathias *et al.* (2013) percebe-se que ambos os estudos resultaram de uma vazão de pico maior para tempos de retorno onde a área urbanizada é elevada, ou seja, TRs de 30 e 50 anos e ainda que o escoamento superficial gerado constitui um motivo de alerta a ser considerado pelos gestores do município.

A obtenção da precipitação efetiva, vazões máximas de pico, escoamento superficial, tempo de concentração e as diversas variáveis apresentadas nesse estudo são fundamentais para o dimensionamento de obras de engenharia civil que auxiliam na prevenção de cheias, colaborando com a drenagem urbana das cidades.

#### 4. CONCLUSÃO

As análises hidrológicas integradas permitiram demonstrar o comportamento das vazões da bacia, comparando cenários distintos como a atual ocupação urbana com CN de 88, além daqueles onde há o crescimento da urbanização como para os anos de 2030 e 2050, com CN de 89,5 e 91,5 respectivamente. Assim, observou-se vazões de pico máximas para os anos de 2030 e 2050 valores de 38,33 e 41,93 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

Quanto aos volumes de água para os tempos de retorno analisados foi possível constatar que a capacidade atual comporta os volumes estimados, porém na situação em que a bacia de detenção está vazia, sem nenhum volume antecedente, caso contrário a bacia pode exceder a quantidade capaz de reservar, causando problemas de inundações para a população. Dessa forma analisou-se que a contribuição para o aumento dessas vazões está diretamente relacionada ao crescimento das áreas residenciais e conseqüentemente a maior impermeabilização do solo, dificultando a infiltração da água.

#### 5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento e a UNEMAT por todo suporte técnico científico e financeiro. Agradecemos, também, ao PROEX/CAPES, pois este trabalho recebeu o apoio financeiro parcial da CAPES - Brasil”.



## REFERÊNCIAS

- CHOLLISCHONN, W; TASSI, R. Introduzindo Hidrologia. In:\_\_\_\_\_. **Geração de escoamento**. Porto Alegre: UFRGS, 2008. Cap 10, 103-109.
- CUNHA, S.F.; Silva, F.E.O.; Mota, T.U. Avaliação da acurácia dos métodos do SCS para cálculo da precipitação efetiva e hidrogramas de cheia. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n.4, p. 837 – 848, out. /dez. 2015.
- G1.GLOBO**. Chuva Forte Alaga Plantações em Campo Novo do Parecis – MT. Disponível em <<http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2017/02/chuva-forte-alaga-plantacoes-em-campo-novo-do-parecis-mt.html>>. Acesso em 10 de abr. 2019.
- IBGE**. **Panorama de Campo Novo do Parecis**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/campo-novo-do-parecis/panorama>>. Acesso em 10 de abr. 2019.
- MATHIAS, D.T; CUNHA, C.M.L; MORUZZI, R.B. Implicações Geomorfológicas das Alterações do Escoamento Superficial pela Urbanização: Análise dos Processos Erosivos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tucunzinho (São Pedro — SP). **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 18 n.4 –Out/Dez 2013,101-113.
- MOCKUS, V. Use of storm and watershed characteristics in synthetic hydrograph analysis and application. In: AGU PACIFIC SOUTHWEST REGION MEETING, 1957, Sacramento, California. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1957.
- OLIVEIRA, R. Primeira fase do “Piscinão” de Campo Novo do Parecis está concluída. **Diário da Serra**. Tangará da Serra, 9 de Nov. 2017. Captação de água, p. 8.
- OLIVEIRA, L.F.C de; VIOLA, M.R; PEREIRA, S; MORAIS. N.R de. Modelos de predição de chuvas intensas para o estado do Mato Grosso, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 6, n. 3, 2011.
- PINHEIRO, M. C. **Diretrizes para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamentos hidráulicos em obras de mineração**. Porto Alegre: ABRH, 2011.
- PREFEITURA DE CAMPO NOVO DO PARECIS. **Dados Estatísticos**. Disponível em <[CampoNovo.doParecis.mt.gov.br/Dados-Estatisticos/](http://CampoNovo.doParecis.mt.gov.br/Dados-Estatisticos/)>. Acesso em 10 de abr. 2019.
- SHERMAN, L.K. The relation of hydrographs of runoff to size and character of drainage basins. **American Geophysical Union Transaction**, v.13, p.332-339, 1932.
- SILVEIRA, A. L.L. da. Fator de Pico para Hidrogramas Unitários Sintéticos Triangulares. **RBRH** vol. 21 no .1 Porto Alegre jan./mar. 2016 p. 46 – 52.
- SNYDER, F. F. Synthetic unit-graphs. **Trans. Am. Geophys. Union**, v. 19, n. 1, p. 447-454, 1938.
- SUPHUNVORRANOP, T. Technical Publication No. 85-5, a Guide to SCS Runoff Procedures. **St. Johns River Water Management District**, Department of Water Resources, 1985.
- TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/Ed. da UFRGS, 2003. p. 15-36.

UN (United Nations). **Guidelines for reducing flood losses**. Geneva: UN. 2004. 83p.