

## **APLICAÇÃO DO MODELO TRIX PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIOS QUE DRENAM PARA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE CARIJÓS, FLORIANÓPOLIS, SC, BRASIL**

*Aichely Rodrigues da Silva<sup>1\*</sup>; Denise C. Knies<sup>1</sup>; Jucimara Andreza Rigotti<sup>1</sup>; Alessandra L. D. Fonseca<sup>2</sup>*

**Resumo** – As bacias hidrográficas costeiras interagem por um fluxo hidrológico e de material particulado e dissolvido com o mar, formando um contínuo fluvial-marinho costeiro. Estes sistemas se encontram sobre severa pressão ambiental associada aos agentes antrópicos. A qualidade da água é resultante dos inúmeros processos que ocorrem na bacia de drenagem do corpo hídrico, estando relacionada diretamente com o uso e ocupação do solo. O excesso de nutrientes proveniente dos diferentes usos pode favorecer a eutrofização, desestruturando a cadeia trófica e levando o ambiente a anoxia. O presente estudo teve por objetivo caracterizar a qualidade da água dos rios que drenam para a Estação Ecológica de Carijós, utilizando concentrações de oxigênio e nutrientes inorgânicos dissolvidos, além da biomassa fitoplanctônica. Os dados colhidos entre agosto de 2005 e dezembro de 2006 foram aplicados à equação do Índice Trófico (TRIX). Os resultados demonstram que os rios estudados se encontram, com maior frequência, em estado de mesotrófico à eutrófico. Observaram-se eventos de hipoxia e anoxia nos rios com elevada urbanização em suas margens. Torna-se necessário a melhoria do sistema de tratamento de esgoto na urbanização do entorno da referida unidade de conservação, visando à preservação das espécies e dos bens e serviços existentes.

**Palavras-Chave** – Bacia Costeira, Eutrofização, TRIX.

## **APPLICATION OF THE TRIX MODEL FOR THE ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY IN THE RIVERS THAT DRAIN TO THE CARIJÓS PROTECTED AREA, FLORIANÓPOLIS, SC, BRAZIL.**

**Abstract** – The coastal watersheds interact by a hydrological flux and particulate matter dissolved with the seawater forming a coastal marine-fluvial continuum. Those coastal watersheds systems are under severe environmental pressure associated to anthropic source. The water quality results from the numerous processes that occur in the body water drainage basin, straight related to the land use and occupation. The excessive nutrients from the different anthropic uses may take to the eutrophication, destructuring the trophic chain and leading to an anoxic condition. The main of this study were the characterization of the water quality in the rivers that drain to the Carijós protected area using the dissolved inorganic nutrients and oxygen concentrations in addition to the phytoplankton biomass. The data collected in between August-2005 and December-2006 has been applied to the Trophic Index (TRIX) equation. The results demonstrate that the studied rivers are, in higher frequency, in a mesotrophic to eutrophic status. It is noted a hypoxic-anoxic injury in the rivers with higher urbanization in its margins. It is necessary an improvement in sewage management in the urbanized areas surrounding the conservation unit aiming for the preservation of the species and the goods and services.

**Keywords** – Coastal Watersheds, Eutrophication, TRIX.

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, \*aichely@hotmail.com; andreza\_rigotti@yahoo.com.br; knies.denise@gmail.com

<sup>2</sup> Professora do Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, alarissa.fonseca@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

Os rios estão submetidos aos impactos das atividades humana em variados níveis de magnitude como: desmatamento das matas ciliares, descarga de metais pesados, fertilizantes e outros tipos de substâncias que dissolvem na água. A zona costeira e suas bacias hidrográficas interagem funcionalmente por meio de fluxos hidrológicos de água doce, sedimentos e substâncias dissolvidas, formando um contínuo fluvial-marinho costeiro (VANOTTE, 1980). De acordo com Sperling (2005), a qualidade da água é resultante dos inúmeros processos que ocorrem na bacia de drenagem, estando relacionada diretamente com o uso e ocupação do solo, permitindo diagnosticar possíveis causas dos impactos ambientais sobre os recursos naturais. Dentre eles a eutrofização, que é um resultado da descarga de nitrogênio e fósforo por fontes antropogênicas nos sistemas aquáticos. A eutrofização pode gerar o aumento excessivo da biomassa de produtores primários, a diminuição da diversidade e o declínio da qualidade de água do ecossistema afetado, sendo considerada uma das principais ameaças à saúde dos ecossistemas marinhos e costeiros (NIXON, 1995).

Devido a fatos históricos relacionados à ocupação do território brasileiro e, seguindo a tendência mundial, as áreas litorâneas sofrem desenfreada urbanização. O Brasil, segundo o IBGE (2011), apresenta 27% da população em municípios localizados na zona costeira, o que corresponde a 51 milhões de habitantes nessas áreas. A urbanização na zona costeira brasileira está afetando a qualidade e disponibilidade da água por diversos fatores antrópicos (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2011). Seguindo esta tendência, a urbanização desordenada no município de Florianópolis (SC) vem degradando a qualidade dos recursos hídricos seja pela ocupação das áreas de preservação permanente como pela entrada de efluentes domésticos e industriais sem tratamento adequado (PAGLIOSA *et al*, 2005; CORSEUIL *et al*, 2009,).

A qualidade da água de um ecossistema pode ser avaliada pelo Índice Trófico (TRIX), determinado pelos fatores de produtividade (biomassa como a concentração de clorofila-*a* e oxigênio dissolvido como desvio absoluto de saturação) e nutricionais (concentração de nitrogênio inorgânico dissolvido e fósforo total) do meio (ARTIOLI, 2005). Devido à sua simplicidade de aplicação, este índice tem sido amplamente utilizado, fornecendo informações úteis para a sistematização da informação e a tomada de decisão (GIOVANARDI, *et al.*, 2003; VASCETTA *et al.*, 2008; HERRERA-SILVEIRA e MORALES-OJEDA, 2009; YUCEL-GIERGIER, *et al.*, 2010).

O presente estudo tem por objetivo caracterizar o estado trófico dos rios que drenam para a Estação Ecológica de Carijós (Florianópolis, SC), utilizando o TRIX como ferramenta de sistematização e permitindo avaliar como os usos das referidas bacia hidrográfica estão afetando a integridade desta unidade de conservação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de Estudo

As bacias hidrográficas que drenam para a Estação Ecológica de Carijós (ESEC) abrangem uma área aproximada de 665 ha e localizam-se entre as coordenadas de latitudes 27°27'S - 27°29'S e longitudes 48°32'W - 48°29'W (CORSEUIL, *et al.*, 2009). Esta UC foi criada com vistas a salvaguardar os manguezais de Ratoes e do Saco Grande, localizados no norte do município de Florianópolis/SC, frente às alterações causadas por ações antrópicas, especialmente aquelas ocasionadas pela expansão urbana. A Estação Ecológica é uma categoria de unidade de conservação de proteção integral, sendo definida no art. 9º, da Lei 9.985 /2000 que institui o Sistema Nacional de

Unidades de Conservação (SNUC). Esta categoria de UC tem por objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas, sendo proibida a visitação.

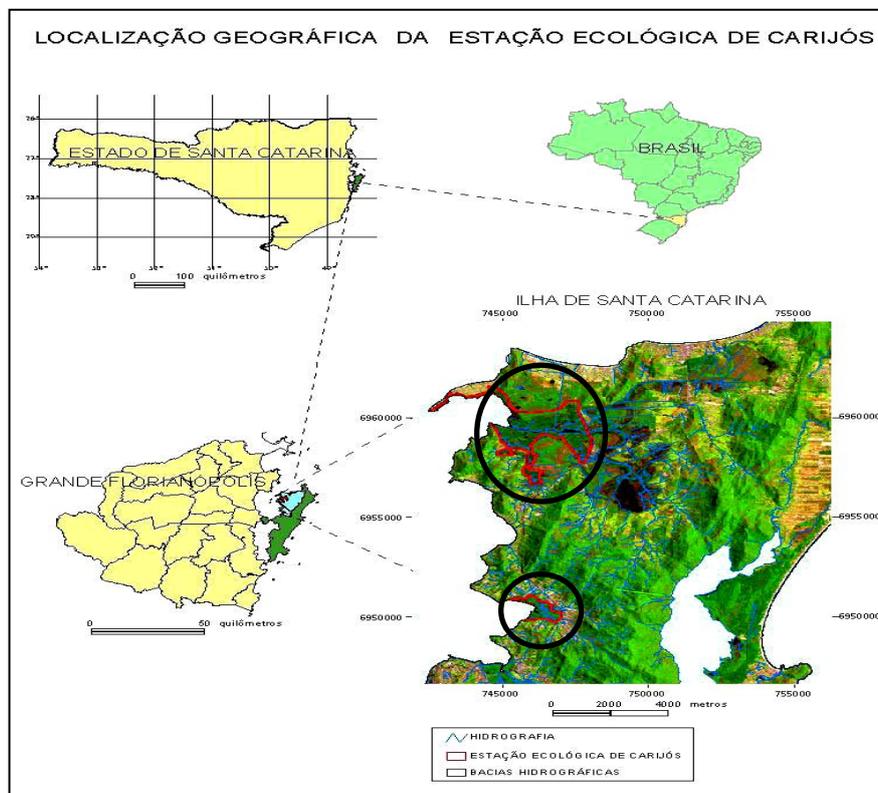


Figura 1 - Localização da Estação Ecológica de Carijós  
Fonte: Plano de Manejo Estação Ecológica de Carijós.

A ESEC Carijós é composta por duas glebas, a do manguezal de Saco Grande e a do manguezal de Ratoles. A gleba de Saco Grande possui uma área de 0,93 km<sup>2</sup>, e recebe as águas dos rios Pau-do-Barco e Vadik. A gleba do Ratoles ocupa uma área de 6,25 km<sup>2</sup>, para onde drenam as águas dos rios Ratoles, Veríssimo e Papaquara, além das águas de um canal de drenagem proveniente do Distrito de Jurerê.

### Amostragem

As águas superficiais que drenam para a ESEC Carijós, proveniente dos rios Pau-do-Barco, Vadik, Veríssimo, Ratoles e Papaquara e do canal de drenagem de Jurerê, foram amostradas semanalmente entre os meses de agosto de 2005 a dezembro de 2006. O ponto amostral localizou-se no limite de cada rio com a referida UC, coletaram-se 293 amostras, com amostragem durante a maré baixa, para garantir menor influência das águas marinha nos sistemas.

A amostragem da água foi feita com coletor do tipo garrafa de Van Dorn, provida de fechamento horizontal. Uma alíquota da amostra foi transferida para frascos de DBO, sendo fixadas imediatamente para análise do oxigênio dissolvido (GRASSHOFF, *et al.* 1999). O restante da amostra foi acondicionada em frasco de polietileno, previamente lavado, sendo mantidas em caixa térmica ao abrigo da luz até o processamento em laboratório. A temperatura e salinidade foram medidas *in situ* com termosalinômetro da marca YSI.

Em laboratório, as amostras de água foram filtradas, estocadas e congeladas (-20°C) até a posterior análise da biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*) e da concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos fosfatados e nitrogenados, conforme metodologia descrita em Grasshoff *et al.*, (1999). As absorvâncias para as análises de clorofila e nutrientes foram lidas em espectrofotômetro Hach DR 5000, com cubetas de 2,5 cm de passo óptico.

Os resultados das análises foram aplicados ao modelo de estado trófico TRIX, utilizaram-se os dados de saturação oxigênio dissolvido (%), clorofila *a* (mg. m<sup>-3</sup>) e concentração (mg. m<sup>-3</sup>) de nitrato, nitrito e N-amoniaco e fósforo inorgânico dissolvido (PID).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo e utilizados para o cálculo do TRIX estão sumarizados na tabela 1. Observa-se que os rios que drenam para a gleba do Saco Grande, rios Vadik e Pau-do-Barco, apresentaram as maiores concentrações de nutrientes e baixos valores de saturação de oxigênio em comparação aos rios que drenam para a gleba de Ratonés. Segundo Tucci (2008) existe hoje no Brasil um grave problema associado aos recursos hídricos, devido à falta de preservação dos mananciais urbanos, perda de água na distribuição do recurso e falta de racionalização de uso da água em nível doméstico e industrial. O desenvolvimento urbano gerou, como mencionado por Tucci (2008), um ciclo de contaminação das águas fluviais por efluentes, principalmente doméstico, gerado pela população local.

**Tabela 1:** Média e desvio padrão (média ± desvio padrão) e valores mínimos e máximos das variáveis utilizadas para o cálculo do TRIX: NID – Nitrogênio Inorgânico Dissolvido; PID – Fósforo Inorgânico Dissolvido; OD – Oxigênio Dissolvido; AB – Área da Bacia Hidrográfica; AU – Área Urbanizada da Bacia; DB – Densidade populacional da Área urbana da Bacia; nos rios que drenam para a ESEC Carijós. Amostragem 2005/2006.

Variável	Rios					
	Canal Jurerê	Papaquara	Pau-do-barco	Ratonés	Veríssimo	Vadik
NID (mg/m <sup>3</sup> )	389.4±279.7	129.5±199.6	793.8±511.6	111.3±132.1	117.8±198.4	823.2±555.5
	7.4-1039.2	6.2-1082.9	166.6-2819.0	1.3-714.4	12.4-1040.7	13.7-3656.6
PID (mg/m <sup>3</sup> )	67.2±120.3	7.4±126.5	320.0±298.0	35.0±51.9	37.0±65.7	309.0±343.8
	0.0-673.7	0.0-898.3	0.0-1097.8	0.0-282.4	0.0-298.2	0.0-1102.5
Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )	5.4±12.8	10.2±45.0	11.8±34.3	8.6±28.2	6.5±20.3	8.4±30.8
	0.10-65.9	0.10-313.0	0.10-180.9	0.10-177.9	0.10-114.0	0.10-197.8
OD (%saturação)	53.6±28.7	89.4±25.6	59.6±47.9	88.8±23.7	85.1±29.9	58.1±37.4
	0.0-146.1	0.0-149.0	0.0-247.1	0.0-139.2	0.0-132.0	0.0-142.3
ÁB (km <sup>2</sup> )	5.36	36.82	32.24	3.39	4.4	3.85
ÁU (km <sup>2</sup> )	1.29	4.3	1.55	0.18	0.44	0.16
DB (hab/km <sup>2</sup> )	67.5	106.4	5.9	16.2	64.8	26.8

O Canal Jurerê, Rio Ratonés e Rio Vadik apresentam índice mesotrófico em mais de 35% dos meses amostrados. No rio Papaquara, este grau trófico foi observado em mais de 42% das amostragens (Tab. 2). O índice mesotrófico indica um nível “moderado” de produção primária

(COTOVICZ, 2012). Por outro lado, o rio Veríssimo possui suas águas em estado oligotrófico em 57% dos meses amostrados, mostrando a melhor qualidade de suas águas em comparação aos demais rios.

O estado eutrófico aparece em altos níveis, no caso dos rios Pau-do-barco, Ratonos e Vadik (Tab. 2), os quais possuem 36% dos valores para eutrófico, indicando que esses ambientes são altamente produtivos, em relação às condições naturais. É notável que nos dados do mês de dezembro de 2006, em todos os rios, apresenta-se uma melhora nos índices de estado trófico em relação ao mês anterior (novembro/2006). Esse fato pode ser explicado pelo alto índice pluviométrico no mês de novembro e dezembro de 2006, quando, de acordo com o BDMEP (2013), o índice pluviométrico foi de 242,4 mm e 83,7 mm, respectivamente. Ambos os meses apresentam alta pluviosidade, especialmente o mês de novembro. Em um estudo realizado por Cotovicz Junior, *et al.* (2013), sobre o índice trófico de lagoas costeiras e deltas estuarinos no nordeste brasileiro, constatou-se uma melhora do índice trófico nos períodos mais chuvosos devido à diluição das águas. O Rio Papaquara não seguiu a mesma tendência dos demais de melhora no índice trófico. Isto pode estar relacionado à maior densidade demográfica na área favorecendo com isso, o transporte pluvial de matéria orgânica e nutriente provenientes das atividades antrópicas desenvolvidas nesta área.

Alguns sistemas são naturalmente eutróficos, no entanto, as atividades humanas são responsáveis por uma forte carga de nutrientes nos corpos hídricos e esta situação apresenta-se cada vez mais comum na atualidade. Como consequência da eutrofização pode ocorrer uma elevada produção primária em resposta da elevada demanda de nutrientes ou uma elevada respiração em resposta a rápida produção de matéria orgânica. Em alguns casos, quando ocorre elevada produção primária seguida de elevada respiração, o sistema pode apresentar hipóxia ou anoxia, causando, assim, a mortandade de peixes e outros organismos (SMITH, *et al.*, 2003).

**Tabela 2:** Resultado do TRIX nos rios que drenam para a ESEC Carijós. Índice calculado a partir da média dos resultados obtidos para cada mês amostrado entre agosto de 2005 e dezembro de 2006. \* sem resultado.

Ano	Mês	Canal Jurerê	Papaquara	Pau-do-barco	Ratonos	Veríssimo	Vadik
2005	Agosto (n=2)	■	■	■	■	■	■
	Setembro (n=3)	■	■	■	■	■	■
	Outubro (n=5)	■	■	■	■	■	■
	Novembro (n=3)	■	■	■	■	■	■
	Dezembro (n=4)	■	■	■	■	■	■
2006	Janeiro (n=5)	■	■	■	■	■	■
	Fevereiro (n=4)	■	■	■	■	■	■
	Março (n=4)	■	■	■	■	■	■
	Abril (n=4)	■	■	■	■	■	■
	Maio (n=3)	■	■	■	■	■	■
	Junho (n=4)	■	■	■	■	■	■
	Julho (n=5)	■	■	■	■	■	■
	Novembro (n=1)	*	■	■	■	■	■
	Dezembro (n=1)	■	■	■	■	■	■

■ Ultra-Oligotrófico   ■ Oligotrófico   ■ Mesotrófico   ■ Mesotrófico a Eutrófico   ■ Eutrófico

As condições eutróficas foram observadas em 23% das análises feitas em Jurerê, sendo em 21% no Papaquara, 36% no Pau-do-barco, 36% no Ratoões, 14% no Veríssimo e 36% no Vadik. Por se tratar de uma UC, os rios que drenam para a ESEC Carijós se classificam, de acordo com o CONAMA 357/2005, como classe especial de água, sendo destinada à preservação dos ambientes aquáticos e ao equilíbrio natural das comunidades aquáticas. Observa-se, assim, que as águas que entram nesta UC estão em desacordo com a legislação ambiental existente, sendo necessárias ações dos órgãos públicos e sociedade para mitigar o impacto dos usos antrópicos sobre esta unidade de proteção integral.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise através do método TRIX para determinação do estado trófico dos rios da Estação Ecológica de Carijós, demonstra nitidamente o efeito da urbanização na qualidade da água e a susceptibilidade de eutrofização deste ambiente. Este estudo aponta a necessidade de estabelecer o monitoramento das águas que drenam para a referida unidade de conservação (UC), sistematizando as informações para a gestão da unidade e ações do poder público. O monitoramento permitiu avaliar a variabilidade da qualidade das águas em função da sazonalidade pluviométrica e dos usos na bacia, como aumento da densidade demográfica pela atividade de turismo de veraneio e da ocupação desordenada.

Além disso, é importante dispor de um sistema de monitoramento da qualidade da água dessas bacias, conforme apresentado neste estudo, considerando aspectos quali-quantitativos. Os resultados demonstraram que este tipo de modelagem poderia preencher importantes lacunas no conhecimento dos recursos hídricos e subsidiar o processo decisório no planejamento e gestão dessas bacias.

## REFERÊNCIAS

ARTIOLI, Y.; BENDORICCHIO, G.; PALMERI, L. (2005). Defining and modeling the coastal zone affected by the Po river (Italy). *Ecological Modelling*, 184 pp.55–68.

BDMEP – Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Disponível em:< <http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 13 mar. 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, pp. 58-63.

CORSEUIL, C. W. (2009). Distribuição espacial do índice de qualidade da água e a relação com o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Ratoões. In: *Anais... XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, 25-30 abril, INPE, pp. 3673-3680.

COTOVICZ JUNIOR, L. C. *Aplicação do Modelo (ASSET e TRIX) para avaliação de estado trófico do Complexo Estuarino-Lagunar Mandaú-Manguaba, AL*. Dissertação (Mestrado em Geociências – Geoquímica Ambiental). Universidade Federal Fluminense, 2012.

COTOVICZ JUNIOR, L. C.; BRANDINI, N.; KNOPPERS, B. A. (2013). Assessment of the trophic status of four coastal lagoons and one estuarine delta, eastern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, April, 185(4), pp.32-97.

GIOVANARDI, F.; FERRARI, C. R.; RINALDI, A.; VOLLEINWEIDER, R. A., (2003). The use of

trophic index TRIX and other derived indicators as management tools for regional government administrators: the case of the Emilia Romagna coastal waters. *Biol. Mar. Med.* 11, pp.210–229.

GRASSHOLF, K.; KREMLING, K.; EHRHARDT, M. (1999). *Methods of seawater analysis*. 3ª, completely revised and extended edition. ed. Grasshoff, K. Weinheim, Wiley-VCH, pp.599.

HERRERA-SILVEIRA, J. A.; MORALES-OJEDA, S. M., (2009). Evaluation of the health status of a coastal ecosystem in southeast Mexico: assessment of water quality, phytoplankton and submerged aquatic vegetation. *Mar. Pollut. Bull.* 59, pp.72–86.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *IBGE divulga as estimativas populacionais em municípios em 2011*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 01 de abr. de 2013.

NIXON, S.W., (1995). Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *OPHELIA* 41, pp.199-219.

PAGLIOSA, Paulo Roberto; FONSECAA, Alessandra Fonseca; BOSQUILHA, Gláucia E.; BRAGA, Elisabete S.; BARBOSA, Francisco Antonio Rodrigues.(2005). Phosphorus dynamics in water and sediments in urbanized and non-urbanized rivers in Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 50 pp. 965–974

PLANO DE MANEJO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE CARIJÓS. Disponível em:<<http://www.icmbio.gov.br/portal/>>. Acesso em: 23 de abr. de 2013

RESOLUÇÃO DO CONAMA. nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63.

SMITH, S.V., SWANEY, D.P., TALAUE-MCMANUS, L., et al. (2003). Humans, hydrology, and the distribution of inorganic nutrient loading to the ocean. *BioScience* 53, pp. 235 - 245.

SPERLING, M.Von. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte-MG, Nova Edição, pp. 452.

STRICKLAND, J.D.H; T. PARSON. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. 2 (Bulletin, 122) Ottawa, Fisheries Research, Board of Can., pp.172

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. *Estudos avançados*. vol.22 nº.63. São Paulo 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. . Acesso em: 15 mai. 2013.

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. (2011). *Recursos hídricos no século XXI*. São Paulo: Oficina de Texto.

VANNOTE, R. L., MINSHALL G. W., CUMMINS K. W., SEDELL J. R. & CUSHING C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37, pp.130–137

VASCETTA, M.; KAUPPILA, P.; FURMAN, E.(2008). Aggregate indicators in coastal policy making: potentials of the trophic index TRIX for sustainable considerations of eutrophication.

*Sustain. Dev.* 16, pp.282–289.

YUCEL-GIER, G.; PAZI, I.; KUCUKSEZGIN F.; KOCAK, F. (2011).The composite trophic status index (TRIX) as a potential tool for the regulation of Turkish marine aquaculture as applied to the eastern Aegean coast (Izmir Bay). *Jornaul of Applied Ichthyology.* 27, pp. 39–45