

Nota Técnica

Caracterización de las presas de tierra empleadas para el control de la desertificación en la región de Gilbués, Noreste de Brasil

Characterization of the check dams for the control of desertification in the region of Gilbués, Northeast of Brazil

Lopes, J.W.B.^{1*}; De Araújo, J.C.²; Conrado, F.C.³

¹*Universidade Federal de Piauí, Campus Prof. Cinobelina Elvas (CPCE/UFPI),
Av. Manoel Gracindo, s.n., km 01, Bom Jesus, Piauí, CEP:64900-000. Brazil.*

²*Universidade Federal de Ceará, Campus do Pici,
Departamento de Engenharia Agrícola (DENA/UFC), 804, Fortaleza, Ceará, CEP: 60450-760. Brazil.*

³*Núcleo de Pesquisa de Recuperação de Áreas Degradadas e Combate à Desertificação (NUPERADE),
Gilbués, Piauí, Brazil.*

Autor para correspondencia: wellingtonjwl@gmail.com

Resumen

Se describe el estado y el papel de la construcción de represas para el control de los procesos de degradación en la región de Gilbués (Brasil). Esta región se caracteriza por intensos procesos de degradación del suelo y de la cobertura vegetal, de extensión considerable (3745 km²). Las investigaciones en la región se realizan en el área desde 2003, en un área experimental de 53 ha. La construcción de pequeñas presas de tierra fue una de las medidas aplicadas para controlar los procesos de degradación. Se construyeron más de 130 presas, con dimensiones variadas y bien distribuidas espacialmente en el área. En un número reducido de presas se verifica la eficiencia en la retención de los sedimentos y el establecimiento inicial de la vegetación. Los problemas de infiltración del agua por la base de la estructura favorecen su ruptura. Alrededor del 50% de las primeras estructuras construidas rompieron por tubificación y la inexistencia de vertedero, ocasionándose el vertido del agua por la cresta de la presa. La construcción de vertederos de tierra con material local fue eficaz durante un año hidrológico, produciéndose el avance de la erosión sobre la cresta del vertedor ya observado ese mismo año.

Palabras clave: Control de la erosión, degradación, semiárido, sedimentación, diques, impacto ambiental.

Abstract

The aim is to describe the construction of check dams for the control of soil and water degradation processes in the region of Gilbués, Brazil. This region is characterized by intense processes of soil degradation and vegetation cover, of large extension (3745 km²) and a very severe degradation intensity. Research in the region has been carried out in the area since 2003. In an experimental area of 53 ha, the construction of small land dams was one of the measures applied for this purpose. More than 130 containment structures were built, with varied dimensions and spatially distributed in the area. In a reduced number of dams, the efficiency in the retention of the sediments and the initial establishment of the vegetation is verified. The problems of infiltration by the base of the structure favor its rupture. About 50% of the first structures failed. The reason was the above-mentioned infiltration and the lack of spillways, causing the water to pour down the crest of the dam. The construction of spillways with local material was effective during a hydrological year, producing the advance of erosion on the crest of the spillway already observed that same year.

Keywords: Erosion control, degradation, semi-arid, sedimentation, dams, environmental impact.

1. Introducción

La desertificación se caracteriza como el proceso de degradación del suelo en regiones áridas y semiáridas que, entre otros factores, puede ser resultado de alteraciones en el clima y actividades antrópicas (CDCMAM, 1995). En Brasil, las áreas susceptibles al proceso de desertificación están localizadas en la región Nordeste, y constituyen los llamados Núcleos de Desertificación (ND). Estos núcleos son sitios que presentan suelos fuertemente erosionados, y pueden caracterizar tanto el efecto máximo del proceso de degradación como su indicador (MMA, 2004). El Ministerio de Medio Ambiente (MMA) apunta cuatro núcleos considerados de alto riesgo a la desertificación, a saber: Gilbués – Piauí, Irauçuba – Ceará, Seridó – Río Grande do Norte y Cabrobó – Pernambuco.

En concreto, el ND de Gilbués es el que compone la mayor área en proceso de desertificación de Brasil, y también el que presenta el mayor grado de degradación (Lopes *et al.*, 2011). En él es posible observar paisajes desérticos (*Figura 1*), principalmente en los meses de sequía entre mayo y octubre, cuando los vientos fuertes son responsables de la erosión eólica. Este paisaje imposibilita la ejecución de actividades agrícolas, así como compromete el medio ambiente y la biodiversidad local, convirtiéndose en un trastorno para la población que vive cerca y depende de los recursos provenientes de la región (Sales, 2003). Los informes sobre el avance de los procesos de desertificación en el ND de Gilbués pueden ser atribuidos a las acciones antrópicas provenientes de la agricultura, la actividad pecuaria y la extracción mineral. Sin embargo, solamente esas actividades no explican las intensas erosiones encontradas en esta área (Pérez-Marín *et al.*, 2012).



Figura 1. Núcleo de desertificación de Gilbués (Piauí, Brasil).

Erosiones a gran escala, como las verificadas en el ND de Gilbués, pueden causar impactos sociales y económicos, que ocurren por la disminución de la capacidad productiva del suelo (De Lacerda & De Lacerda, 2004), resultando en perjuicios para la población local que depende de la agricultura para su subsistencia. La necesidad de mantenimiento de la agricultura local en áreas bajo degradación, cuando no asociada a las prácticas conservacionistas, pueden converger en acciones antrópicas que son intensificadores de los procesos naturales de degradación. El desarrollo de esas actividades contrarias a las prácticas de conservación, previs-

tas en la legislación, causan la aceleración y aumento, por ejemplo, de la erosión y transporte sedimentos de las laderas hacia los cursos de agua (Müller *et al.*, 2010; Francke *et al.*, 2014; Bronstert *et al.*, 2014; Medeiros & De Araújo, 2014). Por lo tanto, se hace necesaria la adopción de medidas de contención de los avances de las erosiones e implementación de técnicas de recuperación de áreas degradadas como, por ejemplo, la construcción de pequeñas presas.

La construcción de pequeñas presas de tierra fue una de las medidas aplicadas en parte del ND de Gilbués a fin de contener el avance del proceso de degradación. Las modificaciones de las condiciones naturales de los cursos de agua son importantes ya que repercuten directamente en los procesos hidrosedimentológicos naturales por la reducción de las velocidades del flujo, promoviendo la deposición gradual de los sedimentos cargados (Genz & Luz, 2012; Vörösmarty & Sahagian, 2000). Además, esas estructuras permiten el suministro de agua para un determinado intervalo de tiempo después del final del período lluvioso.

En este contexto, este artículo tiene por objetivo describir el estado y el papel de la construcción de represas para el control de los procesos de degradación de suelo y agua en la región de Gilbués (Piauí, Brasil).

2. Metodología

El área desertificada del sur de Piauí está inserta en el ND de Gilbués y abarca varios municipios de la región. De acuerdo con la clasificación de Köppen, la región presenta clima del tipo Aw, caracterizado como tropical lluvioso con sequía de invierno y temperatura del mes más frío superior a la 18°C. Los altos índices pluviométricos del estado de Piauí se concentran entre los meses de enero a mayo (Semarh, 2010). La vegetación nativa encontrada en el área es clasificada como Savana Estépica Arborizada (Crepani, 2009) en un ecotono de los biomas Caatinga-Cerrado.

Las investigaciones en la región se aplican en el área del Núcleo de Investigación de Recuperación de Áreas Degradadas y Combate a la Desertificación (NUPERADE) desde 2003. Se trata de un área experimental de 53 ha insertada parcialmente en tres pequeñas cuencas hidrográficas, siendo una monitoreada experimentalmente desde 2017 por el grupo HIDROSED (<http://www.hidrosed.ufc.br/>) y por la Universidad Federal de Piauí.

La construcción de pequeñas presas de tierra fue una de las medidas de emergencia aplicadas por el órgano del gobierno para la contención de la degradación del suelo y del agua. Actualmente existen más de 130 estructuras de contención, 65 construidas en enero de 2003 (todas sin vertedero) y más de 65, en 2015, disponiendo estas últimas de vertedero. Todas estas estructuras (presas sin vertedero y presas con vertedero) fueron construidas con material local, con dimensiones variadas (varias combinaciones de altura entre 1.5 y 7.0m y anchura entre 3.0 a 20.0 m) y distribuidas espacialmente en el área del núcleo (*Figura 2*).

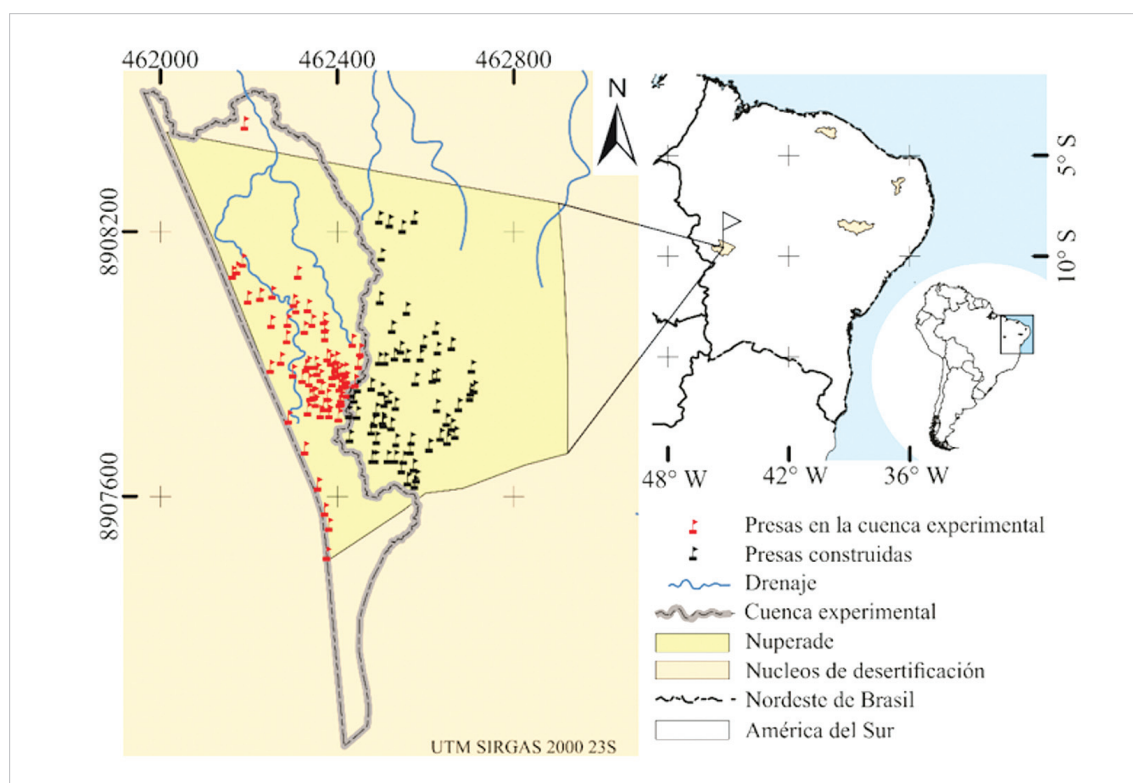


Figura 2. Ubicación del área de estudio y distribución de las represas de tierra.

Como los cálculos de dimensionamiento utilizados (cálculo y diseño de las presas y vertederos, los caudales que desaguar para el período de retorno elegido) no están disponibles, la información relevante para el mejor entendimiento y discusión cuantitativa de la eficiencia de las presas sólo puede ocurrir con la continuidad del monitoreo hidrológico y sedimentológico iniciado en el año 2017. Sin embargo, la comprensión inicial puede ocurrir por un análisis cualitativa a la que esta investigación propone.

Para la caracterización y evaluación cualitativa de las estructuras, así como el análisis preliminar de la eficiencia en la contención de sedimentos, se realizaron dos expediciones en el área, siendo una en el período seco de 2017 (en el mes de septiembre) y otra en el período lluvioso de 2018 (en el mes de enero). En el período seco se cartografiaron todas las represas y se evaluó la eficiencia en la contención de sedimentos a través de la verificación del relleno total o parcial del depósito, ya que en ese período todas las presas se encuentran totalmente secas. También se pudo comprobar qué presas se rompieron. En el período lluvioso se evaluó cualitativamente la eficiencia de las estructuras a través de la ocurrencia:

- De infiltración en la base de la presa y/o vertedero.
- De deformación (erosión) en la cresta de la represa y/o vertedero.

3. Resultados y discusión

En un número reducido de las presas (2%) se verifica el relleno total y el establecimiento inicial de la vegetación en el área de la cuenca hidrográfica (*Figura 3*). Se puede comprobar que la eficiencia en la retención de los sedimentos está intrínsecamente ligada al no rompimiento o extravasación por la cresta de las represas, ya que en esos 2% no se constató esas características. Se observó que dos presas se rompían (menos del 2%) y, también, que los daños aparentes estaban asociados a las presas con alturas mayores (distancia desde la base hasta la cresta superior a 6 metros), probablemente ligadas a la carga hidráulica excesiva en la estructura.



Figura 3. Presa en proceso de sedimentación y vista área de dos represas paralelas.
(Fuente foto derecha: HIDROSED en enero de 2018)

Históricamente, las primeras presas construidas no resistieron al primer año hidrológico (enero a abril de 2003). De estas, alrededor del 50% se rompieron dada la inexistencia de vertedero, produciéndose el vertido excesivo de agua por la cresta de la presa, o bien asociados a la infiltración por la base de la estructura. Como solución para el problema, en el año 2014, se procedió a la construcción de nuevas presas con vertedero, ambas de tierra, construidas con material local. Así como las construidas en el año 2003, las presas implementadas en 2014 presentó eficiencia para un año hidrológico (enero a abril de 2015), siendo el avance de la erosión sobre la cresta del vertedero ya observado ese mismo año.

En esta investigación se constató que todas las presas (tanto las construidas en 2003 como las construidas en 2014) presentan problemas de infiltración por la base (tubificación) de la presa (*Figura 4*). Los vertederos construidos en 2014 junto con las nuevas presas también presentan problemas de tubificación en todas las estructuras. Estas condiciones promueven anomalías que acarrearán la pérdida progresiva de la estabilidad, llevando la estructura al colapso. Los problemas de infiltración del agua favorecen su rotura ya que aceleran la erosión interna en las estructuras (presa y vertedero) y, cuando asociado a la carga hidráulica en el período lluvioso, pueden rápidamente romper.



Figura 4. Presa con problemas de infiltración por la base. (Foto izquierda: vista de la parte inferior de la presa, el flujo de agua por la base se muestra. Foto derecha: vista de la cota superior de la represa).

La deformación en las crestas ocurre en todos los vertederos construidos (*Figura 5*). El cargamento del material permitió la formación de canales preferenciales del agua sobre las crestas. La ventaja de la construcción de los vertederos fue que, en general, las represas con vertedero no presentan problemas de erosión en la cresta (*Figura 4*).



Figura 5. Vertedero con erosión en la cresta.

Estos problemas mencionados en las estructuras pueden estar asociados a la falta de dimensionamiento correcto de las estructuras y al material utilizado en la construcción que presenta baja agregación natural, probablemente asociada a suelos con pedogénesis incompleta, a niveles elevados de sodio y / o minerales de superficie neutra (*e.g.* talón). Los materiales con estas características incluso con una compactación adecuada en la construcción de las represas y vertederos tienden a desagregar en función de la expansión y contracción continuada y en curso perío-

do de tiempo. La contracción y expansión se observa entre los eventos de precipitación y los períodos de sequía en la época lluviosa anual.

Por ello, la aplicación correcta de las medidas de contención y recuperación debe realizarse a la luz de la caracterización cualitativa de los locales con procesos erosivos, así como la identificación de los estratos vegetales remanentes que puedan favorecer la estabilidad del suelo en el área de la cuenca hidrográfica de las presas (*ver la Figura 3, foto derecha*) la importancia de la vegetación en la calidad del agua y el suelo en la cuenca hidrográfica). Reafirmando esto, Almeida (2016) resalta que la restauración de las áreas bajo proceso de degradación dependerá del conocimiento previo de la estructura de la flora regional, posibilitando la reforestación con características semejantes a las de la vegetación original. Para Seitz (1994), uno de los factores que posibilitan la contención de los procesos erosivos y, consecuentemente, la recuperación de un área degradada, es conocer la estructura de las comunidades vegetales, así como su capacidad de reacción a las condiciones adversas, asociadas a los síndromes de dispersión. Por lo tanto, las aplicaciones de medidas de control de la erosión en áreas desertificadas deben ser plurales, contemplando diferentes aspectos del ecosistema, además de las acciones estructurales.

4. Conclusiones

Los resultados encontrados en esta investigación permiten algunas conclusiones:

- La construcción de emergencia de pequeñas presas de tierra para la contención de los procesos de degradación del suelo y del agua en área desertificada resulta en un alto número de combinaciones de las dimensiones de las presas presentan son un problema para el desarrollo de investigación de evaluación cuantitativa de la eficiencia hidrológica y sedimentológica de esas estructuras, ya que la construcción de éstas fue una medida de emergencia ejecutada por órganos gubernamentales, con el objetivo de reducir la degradación zona.
- Los métodos de diseño y cálculo deben ser adecuados para la zona desertificada, ya que tiene una eficiencia relativa al dimensionamiento de la estructura y al tipo de material utilizado. También deben considerarse los riesgos de infiltración en la base (tubificación), para ello hay métodos de prevención y construcción, así como técnicas para reducir la erosión en las crestas de los vertederos.
- La vegetación, a pesar de la importancia en el mantenimiento y estabilidad del suelo en el área de la cuenca hidrográfica, por sí sola no es una medida suficiente para asegurar la estabilidad de las presas, sino necesario replan-

tearse los métodos de diseño, cálculo y constructivos de las presas para asegurar su estabilidad.

Agradecimientos

La FAPEPI, la Universidad Federal de Piauí, la Universidad Federal de Ceará y a CNPq (proceso n. 407999/2016-7).

5. Bibliografía

- Almeida, D.S.; 2016. *Recuperação ambiental da mata atlântica*. Editora Editus. Ilhéus. Brasil. <https://doi.org/10.7476/9788574554402>
- Bronstert, A.; De Araújo, J.C.; Batalla, R.J.; Costa, A.C.; Delgado, J.M.; Francke, T.; Foerster, S.; Güentner, A.; López-Tarazón, J.A.; Mamede, G.L.; Medeiros, P.H.A.; Müeller, E.; Vericat, D.; 2014. Process-based modelling of erosion, sediment transport and reservoir siltation in mesoscale semi-arid catchments. *Journal of Soils and Sediments*, 14(12), 2001–2018. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0994-1>
- CDCMAM; 1995. *Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Agenda 21*. Comissão de Defesa do Consumidor, Meio Ambiente e Minorias (CDC MAM). Câmara dos Deputados. Brasília. Brasil.
- Crepani, E.; 2009. O Núcleo de Desertificação de Gilbués observado pelo Sensoriamento Remoto e pelo Geoprocessamento. *En: Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*: 5185-5192. INPE. Natal: 25 – 30 de abril de 2009. Brasil.
- De Lacerda, M.A.D.; De Lacerda, R.D.; 2004. Planos de combate à desertificação no nordeste brasileiro. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. 4 (1): 00. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50040111> ISSN 1519-5228
- Francke, T.; Werb, S.; Sommerer, E.; López-Tarazón, J.A.; 2014. Analysis of runoff, sediment dynamics and sediment yield of subcatchments in the highly erodible Isábena catchment, Central Pyrenees. *Journal of Soils and Sediments*, 14(12), 1909–1920. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0990-5>
- Genz, F.; Luz, L.D.; 2012. Distinguishing the effects of climate on discharge in a tropical river highly impacted by large dams. *Hydrological Sciences Journal*, 57(5), 1020-1034. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.690880>
- Lopes, L.S.O.; Dos Santos, R.W.P.; Miguel Filho, M.A.; 2011. Núcleo de desertificação de Gilbués (PI): causas e intervenções. *Geografia*, 20 (2): 53-66.
- Medeiros, P.H.A.; de Araújo, J.C.; 2014. Temporal variability of rainfall in a semiarid environment in Brazil and its effect on sediment transport processes. *Journal of Soils and Sediments*, 14: 1216 - 1223. <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0809-9>
- MMA; 2004. *Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca - PAN-Brasil*. Secretária de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente (MMA). Brasília. Brasil.
- Mueller, E.N.; Güntner, A.; Francke, T.; Mamede, G.L.; 2010. Modelling sediment export, retention and reservoir sedimentation in drylands with the WASA-SED Model.

- Geosciences Model Development*, 3: 275 – 291. <https://doi.org/10.5194/gmd-3-275-2010>
- Pérez-Marín, A.M.; Cavalcante, A.M.B.; Medeiros, S.S.; Tinoco, L.B.M.; Salcedo, I.H.; 2012. Núcleos de desertificação do semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? *Parcerias Estratégicas*, 17 (34): 87-106.
- Sales, M.C.L.; 2003. Degradação Ambiental em Gilbués, Piauí. *Revista Mercator*, 2 (4): 115-124.
- Seitz, R.A.; 1994. A regeneração natural na recuperação de áreas degradadas. En: *II Simpósio Nacional de Áreas Degradadas*: 103-110. FUNPEF. Foz do Iguaçu: 1994. Brazil.
- Semarh; 2010. *Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação, PAEPI-PI*. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Teresina. Piauí. Brasil.
- Vörösmarty, C.J.; Sahagian, D.; 2000. Anthropogenic Disturbance of the Terrestrial Water Cycle. *BioScience*, 50 (9): 753-765. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0753:ADOTTW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0753:ADOTTW]2.0.CO;2)