

EVOLUCIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL DESPUÉS DE UNA PERTURBACIÓN POR DESLIZAMIENTOS

LUÍS LOPES¹, CARLOS NETO¹, SÉRGIO CRUZ OLIVEIRA¹, JOSÉ LUÍS ZÊZERE¹

¹ Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

luis.filipe@live.com.pt, cneto@campus.ul.pt, cruzdeoliveira@campus.ul.pt, zezere@campus.ul.pt

RESUMEN: La perturbación produce alteraciones en los ecosistemas afectando la evolución por sucesión ecológica y, consecuentemente, es considerada como uno de los principales factores que afectan al desarrollo de la vegetación. Por ello, ejerce un papel crucial en el mantenimiento de la biodiversidad, teniendo un papel ecológico muy importante a través de la creación de hábitats complejos y únicos. Así, para la determinación del nivel de diferenciación entre sectores internos de los deslizamientos en función de la vegetación, conjuntamente con una evaluación de las alteraciones entre comunidades afectadas y adyacentes, se han analizado mediante un muestreo estratificado, tres sectores del deslizamiento (cicatriz, cuerpo y pie), culminando en la identificación de 115 taxones. Las laderas inestables permiten el surgimiento de especies endémicas donde el valor de conservación y la riqueza florística es máxima en la fase intermedia del proceso de recuperación iniciado con la perturbación. La ocurrencia periódica de deslizamientos y consecuente regresión sucesional se interpreta como positiva y necesaria.

Palabras clave: dinámica de vegetación, sucesión vegetal, deslizamientos rotacionales, fitosociología.

1. INTRODUCCIÓN

La perturbación, como fenómeno natural o antropogénico, produce alteraciones en los ecosistemas y así, origina una evolución por sucesión ecológica (Binelli et al., 2001; Geertsema y Pojar, 2007; Walker y Shields, 2013). Los deslizamientos, un fenómeno físico caracterizado por un movimiento de masa en una pendiente a través de la disrupción de la formación superficial, son considerados como una de las principales perturbaciones de la vegetación, gracias a su impacto en el ecosistema, con repercusiones directas en su dinámica (Myster, 1997). No obstante, debido a su papel en el mantenimiento de la biodiversidad, se declara que su existencia es crucial (Lozano et al., 2005). En verdad, las áreas afectadas por deslizamientos, gracias a que frecuentemente presentan especies raras y/o protegidas, tienen una importancia considerable a nivel de riqueza florística local, aunque todavía su valor ecológico está poco estudiado (Myster, 1997; Pearson et al., 2013). Además, la designación de deslizamiento también se puede utilizar para designar el hábitat resultante de la dislocación en masa (Walker y Shields, 2013).

Cuando se analiza la sucesión vegetal después de un deslizamiento es necesario un análisis previo del grado de perturbación, pues ello es determinante para la evolución vegetal y su estratégica ecológica (Hugget, 1998). Recurrentemente, gracias al gran volumen de suelo y vegetación afectados, son clasificados como sucesión primaria. Sin embargo, debido a la posible subsistencia de partes de plantas previamente existentes en el área afectada, puede coexistir una mezcla de especies propias de la sucesión primaria y secundaria (Walker y Shields, 2013). Las posibles variaciones entre formas sucesionales condicionarán el ritmo y dinámica del proceso de recuperación del ecosistema, que se considera completo en el momento en que el área afectada y adyacente se tornan áreas homogéneas. Para ello, es necesaria la inexistencia de perturbaciones durante un tiempo suficiente (Walker y del Moral, 2003; Geertsema y Pojar, 2007).

En una primera fase, en el área afectada el movimiento origina una gran área expuesta a la radiación solar, con suelo expuesto y desaparición de la vegetación. Estas condiciones favorecen un ambiente de refugio, que proporcionará la colonización por especies pioneras (Walker y Shields, 2013). Las condiciones extremas originadas en las áreas inestables, que son distintas de las existentes en el área adyacente, culminarán en la aparición de especies pioneras diferentes en comparación a las colindantes, ya que su óptimo ecológico favorece su colonización de estos ambientes. Este fenómeno será determinante para la definición del trayecto sucesional (Cardigos, 2013). Así, las condiciones producidas pueden dificultar la colonización a algunas especies, con las especies previamente existentes (anteriores al movimiento). Si estas están presentes, constituirán un porcentaje muy reducido, siendo apenas consideradas colonizadoras en deslizamientos después de germinar y de establecerse, o sea, tras comprobar que pueden tolerar las condiciones disponibles (Walker y Shields, 2013). Además, estas nuevas condiciones para especies normalmente no presentes en áreas no afectadas por la perturbación surgen como oportunidad de colonización y justamente como un hábitat muy importante para algunos organismos, proporcionando un incremento de diversidad florística y su heterogeneidad (Myster, 1997; Geertsema y Pojar, 2007; Elias y Dias, 2009; Walker y Shields, 2013). Otro condicionante del proceso de recuperación es la competición entre especies, donde en una fase inicial la insolación es importante al contrario que la abundancia de nutrientes aunque con la gradual evolución de los suelos y desarrollo de la vegetación, la luz se torna un recurso limitante (Walker y del Moral, 2007).

Para finalizar, cabe constatar el importante papel ecológico que tienen los deslizamientos, que ha contribuido a mantener la diversidad biológica, creando hábitats complejos y únicos. Éstos funcionan como *hotspots* de biodiversidad, incluso creando microclimas extremos que pueden favorecer la aparición de especies raras y/o protegidas (Myster, 1997; Geertsema y Pojar, 2007; Pearson et al., 2013).

En suma, dada la importancia de los deslizamientos en las comunidades vegetales y el impacto causado, el objetivo del presente estudio es determinar el grado de diferenciación entre sectores internos de los deslizamientos en fun-

ción de la vegetación. A su vez, se discuten las variaciones observadas en las comunidades afectadas y adyacentes en relación a la biodiversidad y riqueza florística de los ecosistemas localizados en el área de estudio.

2. ÁREA DE ESTUDIO

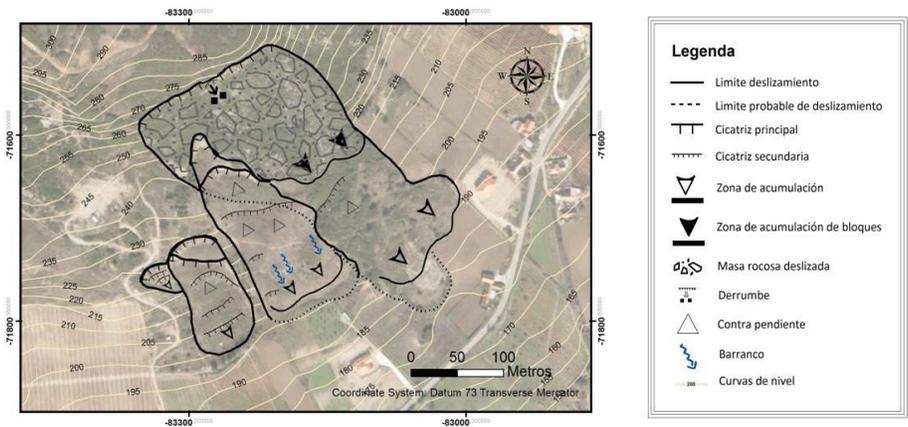
El estudio se desarrolló en la ladera expuesta a sudeste, localizada entre Casal do Nogueira – Lapão, municipio de Arruda dos Vinhos, norte de Lisboa, Portugal (Imagen 1). Constituye una área de pendientes suaves y moderadas (cerca del 80% del área presenta pendientes entre 5° y 15°). Se han seleccionado cuatro deslizamientos rotacionales (3 profundos y 1 superficial), previamente inventariados por Oliveira (2012), siendo elegidos debido a su proximidad espacial y contexto litológico análogo, de fecha diferente, y con un impacto antrópico limitado después de su ocurrencia (Imagen 2).

Todos los deslizamientos estudiados se clasifican como dormidos (estado de actividad) y tienen dimensiones variables, con una extensión máxima entre 45 m y 381 m y con una anchura máxima entre 33 m y 195 m. Con una área por movimiento entre 900 m² y 45.000 m² culmina en una área perturbada total de 70.000 m². Están insertos en la formación de margas de Abadia (Jurásico Superior) pero el deslizamiento 4 tiene su cicatriz emplazada en una formación de calizas muy resistentes, que localmente originan escarpados (Zbyszewski y Assunção, 1965). Ello ha originado un área de acumulación de bloques en el sector aguas arriba del cuerpo del deslizamiento.

Imagen 1. Área de estudio.



Imagen 2. Esquema geomorfológico de los deslizamientos analizados.



Desde un punto de vista biogeográfico, el área forma parte de la región mediterránea, sub-región mediterránea occidental, superprovincia mediterránea ibero-atlántica, provincia gaditano-onubo-algarviense y luso-extremeño (Neto et al., 2008). La vegetación potencial natural es la serie de vegetación *Arisaro clusi-Querceto broteroi sigmetum*, que contempla 5 etapas subseriales: colonización por especies primocolonizadoras, *salvio sclaaeoidis-Ulicetum densi* (tojál endémico), *Phlómido lychitidis-Brachypodietum phoenicoides* (prados vivaces con presencia de orquídeas); *Melico arrectae-Quercetum cocciferae* (carrascal) y como etapa climax, *Arisaro-Quercetum broteroi* (bosque de Quejigo lusitano) (Costa et al., 1998; Calado, 1999; Cardigos, 2013).

Climáticamente, se trata de un dominio marítimo de transición (Alcoforado y Dias, 2002) y pertenece al sistema mediterráneo (Ramos, 2009). El periodo de estudio (septiembre de 2014 hasta agosto de 2015), se caracterizó por un otoño lluvioso respecto a los valores habituales, con un invierno frío y seco, una primavera muy cálida y seca y un verano con valores próximos a los valores normales (IPMA, 2015a; 2015b y 2015c).

3. METODOLOGÍA

La metodología seleccionada se ha basado en un análisis previo de los objetivos de la investigación, escala de estudio y hábitat existente. Así, con la finalidad de entender el grado de diferenciación interna se han analizado tres sectores del deslizamiento: cicatriz, cuerpo y pie, siguiendo la propuesta de Oliveira (2012). Los diferentes sectores internos conjuntamente con las áreas adyacentes han sido examinados mediante un muestreo estratificado, obteniendo inventarios florísticos, realizados a través de parcelas de muestreo en áreas relativamente homogéneas y atendiendo al tipo de vegetación dominante (herbáceas: 1 m², arbustivas bajas: 5 m²; arbustivas altas: 10 m²; arbóreas: 50 m²) (Barbour et al. 1987; Cox, 1990). El total de los inventarios florísticos analizados es de 46, distribuidos equitativamente por los cuatro deslizamientos y por los diferentes sectores del deslizamiento, posibilitando la identificación de 115 taxones. Conjuntamente, se ha realizado un estudio de la riqueza florística integrado en una observación de la etapa serial y del valor de conservación de las especies y hábitats. Se ha procedido al tratamiento de la información recogida en el campo con software SIG, obteniendo las variables que de acuerdo con la recomendaciones de Walker et al. (2010) nos permiten obtener mayores probabilidades de evolución predictiva, específicamente, la cobertura relativa, el espectro biológico y la altura media de la vegetación, con su posterior análisis estadístico.

4. RESULTADOS

El análisis de los diversos valores de cobertura relativa muestra el impacto de la perturbación y las diferencias existentes entre los sectores internos del deslizamiento. Así, como se observa en la Tabla 1, debido al mayor nivel de perturbación sufrido que causó la exposición del horizonte mineral y consecuente sucesión primaria, la cicatriz del deslizamiento tiene la menor tasa de cobertura relativa. En cambio, los demás sectores presentan valores muy superiores. Este fenómeno es resultado del incremento de nutrientes y agua, tal y como fue documentado por Guariguata (1990). Por otra parte, contrariamente a lo presupuesto, el área adyacente muestra espacios sin vegetación debido al impacto antrópico. Sin embargo, las áreas afectadas por deslizamientos son habitualmente abandonadas, lo que posibilita una cobertura vegetal casi total en algunos sectores internos.

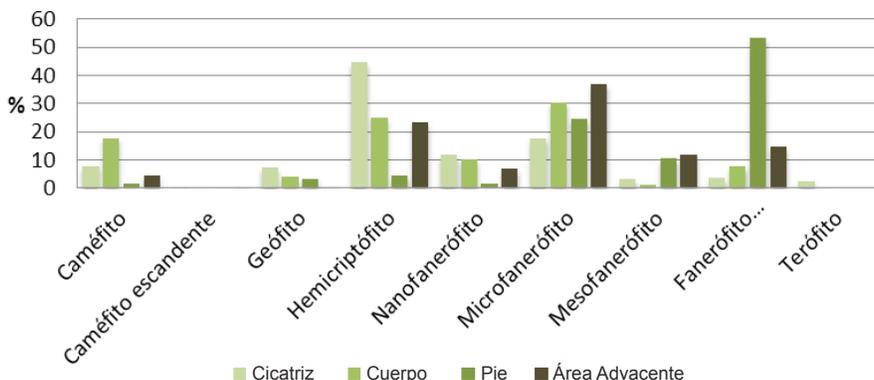
Tabla 1. Tasa de cobertura promedia por sector interno de los deslizamientos.

Tasa de cobertura relativa por sector interno	
Sector Interno	Tasa de Cobertura promedia (%)
Cicatriz	40,7
Cuerpo	92,2
Pie	98,1
Área Adyacente	90,4

Este fenómeno de abandono de las áreas perturbadas es evidente a través del análisis de los mapas de usos del suelo, donde es posible confirmar que los límites definidos de los deslizamientos son contiguos a áreas de ocupación humana.

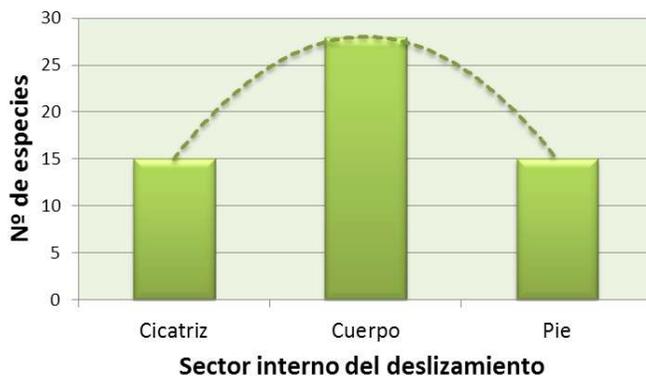
A propósito de los impactos en los ecosistemas, el espectro biológico como reflejo de los hábitats en cada sector interno (Gráfico 1) muestra una clara diferenciación entre todos los sectores inventariados y las áreas adyacentes, y además, presenta divergencia interna. La gran perturbación de la cicatriz y la consecuente lenta evolución, causa un dominio general de especies asociadas a etapas iniciales, tales como los hemicriptófitos, y con menos representación caméfitos, terófitos y geófitos, durante un largo periodo de tiempo. El pie del deslizamiento presenta una gran acumulación de agua y material orgánico de especies anteriores a la perturbación que favorece que esta área sea colonizada en etapas seriales avanzadas (valores de mesofanerófitos similares a las áreas adyacentes). No obstante, la considerable disponibilidad de agua beneficia, simultáneamente, el surgimiento de especies trepadoras (fanerófitos escandentes). Consecuentemente, los tipos biológicos (Gráfico 1) abundantes en la cicatriz, casi no aparecen en el pie. El cuerpo es el sector interno que se encuentra más cerca de las áreas adyacentes en términos vegetativos.

Gráfico 1. Espectro biológico de los sectores internos de los deslizamientos y área adyacente.



Por lo que a los impactos de los deslizamientos en la biodiversidad se refiere, cada sector interno con sus características particulares presenta valores diferenciados entre sí (Gráfico 2). Por supuesto, esta variación en el número de especies no es aleatoria. Connel (1978) ya afirmó con la hipótesis de perturbación intermedia que el máximo de riqueza florística tiene lugar en el grado intermedio de la perturbación. De igual modo, el cuerpo, con presencia de nutrientes y suelo disponible, todavía sin las cantidades acumuladas en el sector de pie, que hacen que sea colonizado, como se ha visto anteriormente, por etapas avanzadas. Sin embargo, en este sector intermedio confluyen varias especies pertenecientes a diversos niveles de la sucesión vegetal, y de este modo culminando en valores superiores a los demás. Los valores de cicatriz y pie son similares a los valores registrados en las áreas adyacentes, con 15 especies de promedio por inventario.

Gráfico 2. Riqueza florística p/ sector interno de los deslizamientos (valor promedio).



Con la finalidad de entender la contribución de la perturbación en términos de biodiversidad, es decir, la existencia de taxones raros y/o protegidos, las especies han sido clasificadas a partir de su naturalidad (Tabla 2). Así, de los 115 taxones identificados, 11 constituyen endemismos y 1 es exótico. La importancia de estas especies (Tabla 2), se percibe en el hecho de que algunas especies (*Quercus rivaz martinezii*, *Klasea integrifolia* ssp. *monardii* y *Carduus lusitanicus* ssp. *broteroi*) están ausentes en las áreas adyacentes y sólo colonizan el suelo en las áreas perturbadas. Así, la aparición de especies de alto valor florístico muestra el interés que tienen estas áreas. La presencia de *Oxalis pes-caprae*, que recurre a los deslizamientos para incrementar su importancia en el ecosistema, reflejo de su adaptabilidad, evidencia que los deslizamientos pueden crear las condiciones favorables que pueden ser aprovechadas por especies invasoras, con potenciales consecuencias para la flora autóctona.

Tabla 2. Especies con estatus de naturalidad especial y su cobertura relativa (%).
EI - Endemismo Ibérico; EP - Endemismo Portugués; Exo - Exótica.

Espece		Cicatriz	Cuerpo	Pie	AA
<i>Antirrhinum linkianum</i>	EI	0,03	0,08	-	0,08
<i>Carduus lusitanicus</i> ssp. <i>Broteroi</i>	EI	0,05	-	-	-
<i>Genista tournefortii</i> ssp. <i>Tournefortii</i>	EP	-	-	-	0,54
<i>Klasea integrifolia</i> ssp. <i>Monardii</i>	EI	1,51	-	-	-
<i>Oxalis pes-caprae</i>	Exo	1,84	2,51	2,77	0,08
<i>Quercus rivaz martinezii</i>	EP	-	-	2,60	-
<i>Quercus x airenensis</i>	EI	16,90	2,26	-	1,70
<i>Ranunculus ollissiponensis</i> ssp. <i>ollissiponensis</i>	EI	-	0,01	-	-
<i>Salvia sclareoides</i>	EI	-	0,14	-	0,19
<i>Ulex densus</i>	EP	-	-	-	0,39
<i>Ulex jussiaei</i>	EP	0,23	8,80	-	-

De acuerdo con la composición florística, y a pesar de que las condiciones climáticas durante el periodo de estudio no han sido muy favorables, se observan diversas orquídeas (Tabla 3), las cuales son significativas del valor del hábitat. Analizando la distribución entre las áreas afectadas y adyacentes existen obvias diferencias entre los valores de presencia de especies y el estatus de naturalidad especial. El área adyacente muestra una mayor diversidad, con 5 especies, aunque los valores son superiores en el área perturbada, con *Aceras anthropophorum* presentando un valor significativo (1,3%). Además, existen especies (*Orchis cariphora* ssp. *fragans*; *Ophrys fusca* y *Ophrys scolopax*) que solo aparecen en las áreas perturbadas, lo que indica la necesidad de ocurrencia de deslizamientos y, con ellos, de especies que pueden funcionar como bioindicadores de eventos perturbadores.

Tabla 3. Orquídeas y su cobertura relativa (%) por sector interno y área adyacente.

Especie	Cicatriz	Cuerpo	Pie	AA
<i>Aceras anthropophorum</i>	-	1,33	-	0,01
<i>Orchis cariphora</i> ssp <i>fragans</i>	-	0,12	-	-
<i>Epipactis tremolsii</i>	-	-	-	0,06
<i>Ophrys fusca</i>	-	0,02	0,05	-
<i>Ophrys lutea</i>	-	-	-	0,05
<i>Ophrys scolopax</i>	-	0,03	-	-
<i>Orchis italica</i>	-	-	-	0,02
<i>Serapias parviflora</i>	-	-	-	0,01

En el interior de los deslizamientos existe también un contraste entre la cicatriz y el pie, lo que no permite el surgimiento (o muy residual) de orquídeas en estos sectores. El cuerpo, a través de la sucesión secundaria, de acuerdo con la etapa 3 de la serie, presenta prados vivaces que favorecen su surgimiento. El hábitat originado forma parte de la red de protección Red Natura 2000 con el hábitat natural 6210: pastos vivaces de carácter mesofítico y mesoxerofítico sobre sustratos calcáreos. Además del impacto antrópico, se considera como amenaza a su conservación la sucesión vegetal, lo que indica la importancia de la ocurrencia de perturbaciones.

5. CONCLUSIONES

Los datos recogidos, de acuerdo con lo previamente constatado por diversos autores, demuestran el importante papel ecológico que ejercen los deslizamientos. Las laderas inestables permiten el surgimiento de especies endémicas y con valor de conservación, ausentes o escasamente representadas en las áreas adyacentes, al igual que en etapas similares en la sucesión vegetal. La riqueza florística es al igual que en la fase intermedia del proceso de recuperación iniciado con la perturbación, donde es posible observar las especies herbáceas vivaces y la presencia de orquídeas (preferentemente en áreas abiertas, con presencia de agua y abundante luz solar). Este hábitat ha sido añadido a la Red Natura 2000 por su importancia, donde la sucesión vegetal natural se muestra como una amenaza. Se concluye que la ocurrencia periódica de deslizamientos y la consecuente regresión sucesional es positiva y necesaria para asegurar la existencia de condiciones propicias para la instalación de las diversas comunidades específicas. Las condiciones entre los diferentes sectores internos del deslizamiento son distintas, reflejándose en la composición florística y estructural de cada área, lo que proporciona una clara diferenciación entre ellas. Además, esta diferenciación de composición y todo lo inherente (i.e. riqueza florística y procesos de sucesión) es también observable entre

áreas perturbadas y adyacentes. Simultáneamente, disminuyen posibles impactos negativos de la acción humana debido a su frecuente abandono después de su ocurrencia, lo que posibilita una sucesión vegetal propia de etapas más avanzadas (etapa clímax).

5. AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a los estimados Profesores Marc Oliva y Xavier Úbeda, por su gran ayuda en la corrección del texto. S. Oliveira está financiado por la beca postdoctoral, con referencia SFRH/BPD/85827/2012, por la Fundação para a Ciência e para a Tecnologia (FCT).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcoforado, M. J., Dias, M. H. (2002): *Imagens climáticas da região de Lisboa. Enquadramento na Diversidade Climática de Portugal Continental*. CEG, Lisboa. CD-ROM.
- Barbour, M. G., Burk, J. H., Pitts, W. D. (1987): *Terrestrial Plant Ecology. Chapter 9: Method of sampling the plant community*. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Binelli, E. K., Gholz R. L., Duryea M. L. (2001): Chapter 4: Plant Succession and Disturbances in the Urban Forest Ecosystem. En Circular 1266: *Restoring the Urban Forest Ecosystem. In Circular 1266: Restoring the Urban Forest Ecosystem*, University of Florida, United States.
- Calado, F. (1999): *Caracterização das Comunidades Vegetais Naturais da Região Saloia (Loures, Mafra e Sintra)*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora, Portugal.
- Cardigos, P. (2013): *A vegetação e a actividade dos movimentos devertente na região a norte de Lisboa*. Dissertação de mestrado, Universidade de Lisboa, 2013.
- Christenson J. A., Fendley, K., Robinson J. W. (1989): Community Development. En *Community Development in Perspective*, edited by J.A.Christenson and J.W. Robinson, pp. 3-25. Ames: Iowa State University.
- Costa, J. C., Aguiar, C., Capelo, J. H., Lousã, M., Neto, C. (1998): “Biogeografia de Portugal Continental”, *Quercetea*, 0, 1-56.
- Cox, G. (1990): *Laboratory manual of general ecology*. 6º Edition. Dubuque, Iowa.
- Elias, R. B., Dias, E. (2009): Effects of landslides on the mountain vegetation of Flores Island, Azores. *Journal of Vegetation Science*, 20, 706-717.
- Geertsema, M., Pojar, J. J. (2007): “Influence of landslides on biophysical diversity a perspective from British Columbia”. *Geomorphology*. 89, 55-69.
- Guariguata (1990): “Landslide disturbance and forest regeneration in the upper luquillo mountains of Puerto Rico”. *Jornal of Ecology*. 78, 814-832.
- Hugget, R. J. (1998): *Fundamentals of Biogeography*. Routledge Fundamentals of Physical Geography. London.

- IPMA (2015a): Boletim Climatológico Sazonal Inverno 2014/2015. ISSN 2183-1084.
- IPMA (2015b): Boletim Climatológico Sazonal Primavera 2015. ISSN 2183-1084.
- IPMA (2015c): Boletim Climatológico Sazonal Verão 2015 ISSN 2183-1084.
- Lozano, P., Bussmann, R. W., Küppers, M. (2005): “Landslides as ecosystem disturbance – their implications and importance in South Ecuador”. *Lyonia*, 8, 66-71.
- Myster, R. W. (1997): “Seed Predation, Disease and Germination on Landslides in Neotropical Lower Montane Wet Forest”. *Journal of Vegetation Science*. 8, (1) pp. 55-64.
- Neto, C., Pereira, E., Reis, E., Costa, J. C., Capelo, J., Henriques, C. (2008): “Carta da vegetação natural potencial de caldas da rainha”. *Finisterra*, 86, 31-51.
- Oliveira, S. (2012): *Incidência Espacial e Temporal da Instabilidade Geomorfológica na Bacia do Rio Grande da Pipa* (Arruda dos Vinhos). Dissertação de doutoramento em Geografia Física, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, Lisboa, 452 pp.
- Pearson, R., Gibson, A. D., Inkpen, R. (2013): “Biodiversity and species succession of the Black Ven Spittle’s landslide complex, Dorset”. *Geoscience in South-West England*, 13, 228-231.
- Ramos, C. (2009): *Dinâmica fluvial e ordenamento do território*. Centro de estudos geográficos, Universidade de Lisboa.
- Walker, L. R., Wardle, D. A., Bardgett, R. D., Clarkson, B. D. (2010): The use of chronosequences in studies of ecological succession and soil development. *Journal of Ecology*. 98, 725-736.
- Walker, L. R., del Moral, R. (2003): *Primary Sucession and Ecosystem Rehabilitation*. Cambridge University Press, UK.
- Walker, L. R., Shiels, A. B. (2013): *Landslide Ecology*. Cambridge University Press, 1ª Edição, New York.
- Walker, L. R., del Moral, R. (2007): *Environmental Disasters, Natural Recovery and Human Responses*. Cambridge University Press, Reino Unido.
- Zbyszewski, G., Assunção C. (1965): *Carta Geológica de Portugal na escala 1/50.000 e Notícia explicativa da folha 22-D Marinha Grande*. Serviços Geológicos de Portugal. 45 pp.