

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Im Hinterland der Metropole Rio de Janeiro erhebt sich in rund 70 km Entfernung zur Meeresküste die „*Serra dos Órgãos*“, die nach ihren steil aufragenden, an Orgelpfeifen erinnernde Felsen benannt ist. Das Gebirge ist der nördlichste Teil der subparallel zur Atlantikküste verlaufenden Gebirgskette „*Serra do Mar*“, die sich vom Bundesstaat Rio de Janeiro im Norden bis nach Santa Catarina im Süden Brasiliens über rund 1.000 Kilometer erstreckt (MARQUES DE ALMEIDA & CARNEIRO 1998).

In den Höhenzügen und den zum Atlantik hin schroff abfallenden Hängen der *Serra dos Órgãos* finden sich große, artenreiche Relikte von Küstenregenwäldern der *Mata Atlântica* Region (Bild 1.1.1), dem Naturraum, dessen Wälder einst eine Fläche von 1 bis 1,5 Millionen km² in Brasilien sowie den östlichen Landesteilen Paraguays und Argentiniens bedeckten (GALINDO-LEAL & DE GUSMÃO CÂMARA 2003; siehe Abb. 1.1.1).

Heute sind von diesem ehemals riesigen Waldgebiet, das über mehr als 20 Breitengrade vom brasilianischen Bundesstaat Ceará im Norden bis nach Rio Grande do Sul im Süden reichte, nach verschiedenen Schätzungen noch 5 bis 9% der ursprünglichen Fläche erhalten (FONSECA 1985, CÂMARA 1991, WILSON 1992, RANTA et al. 1998, MORELLATO & HADDAD 2000, OLIVEIRA-FILHO & FONTES 2000). Der weitaus größte Teil der Wälder jedoch fiel jedoch verschiedenen anthropogenen Nutzungen zum Opfer.

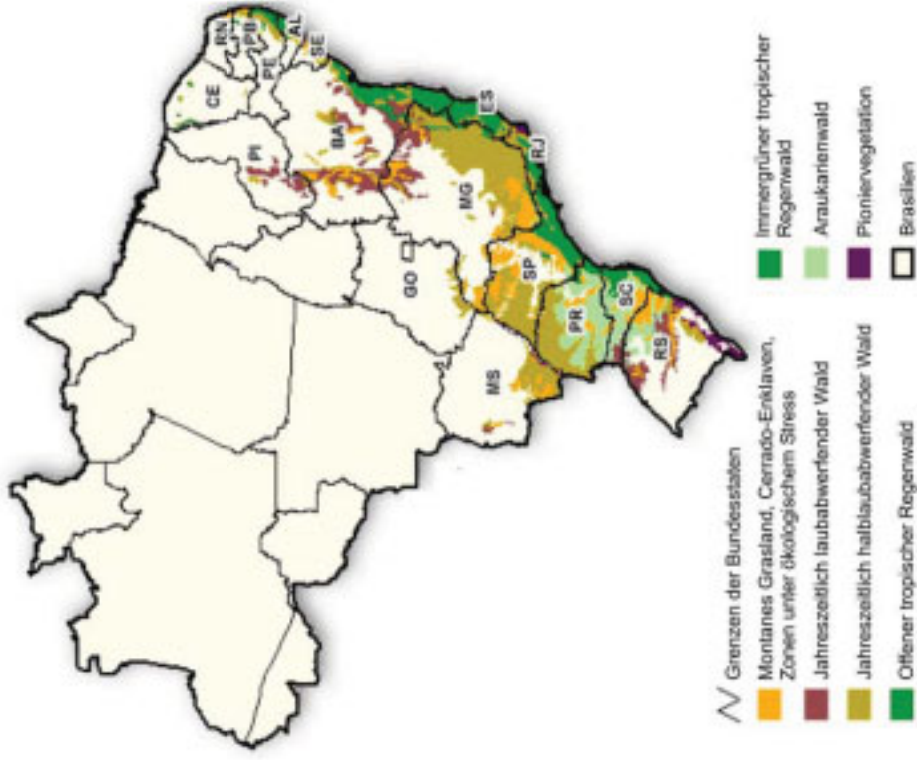
Trotz einer seit Jahrhunderten andauernden Fragmentierung und Degradation der Wälder zählt die *Mata Atlântica* auch heute noch zu den Naturregionen mit dem weltweit höchsten Artenreichtum und einem sehr hohen Anteil endemischer Arten (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE/ISA 1998, CEPF 2001). Gleichzeitig unterliegt sie einem sehr hohen Nutzungsdruck, der dazu führt, dass die verbliebenen Waldflächen weiter zurückgedrängt und in ihrer Struktur verändert werden. Folgerichtig wurde die *Mata Atlântica* als einer von weltweit 25 sogenannten „Hotspots der Biodiversität“ eingestuft – ein Naturraum mit einer sehr großen biologischen Vielfalt und einem hohen Endemitenanteil bei gleichzeitig großer Gefährdung (MYERS 1988, 1990).

Innerhalb der *Mata Atlântica* nimmt die biogeographische Region der *Serra do Mar* aufgrund ihrer Größe, ihres hohen Waldanteils (rund 30%), ihrer besonderen Artenvielfalt und ihres hohen Anteils endemischer Arten eine herausragende Stellung ein. Neben der Provinz Misiones in Argentinien ist sie das einzige zusammenhängende Gebiet der *Mata Atlântica* Region mit Waldflächen größer als 10.000 km², die als Mindestareal für überlebensfähige Populationen besonders raumbeanspruchender Tierarten, wie dem Jaguar (*Panthera onca*), dem Flachlandtapir (*Tapirus terrestris*) sowie verschiedener Primatenarten erforderlich sind (GALINDO-LEAL & DE GUSMÃO CÂMARA 2003).



Bild 1.1.1 Bergwälder der *Mata Atlântica* im Nationalpark „*Serra dos Órgãos*“

(a) Potentielle natürliche Vegetation der Mata Atlântica



(b) Ursprüngliche Ausdehnung und heutige Waldfläche

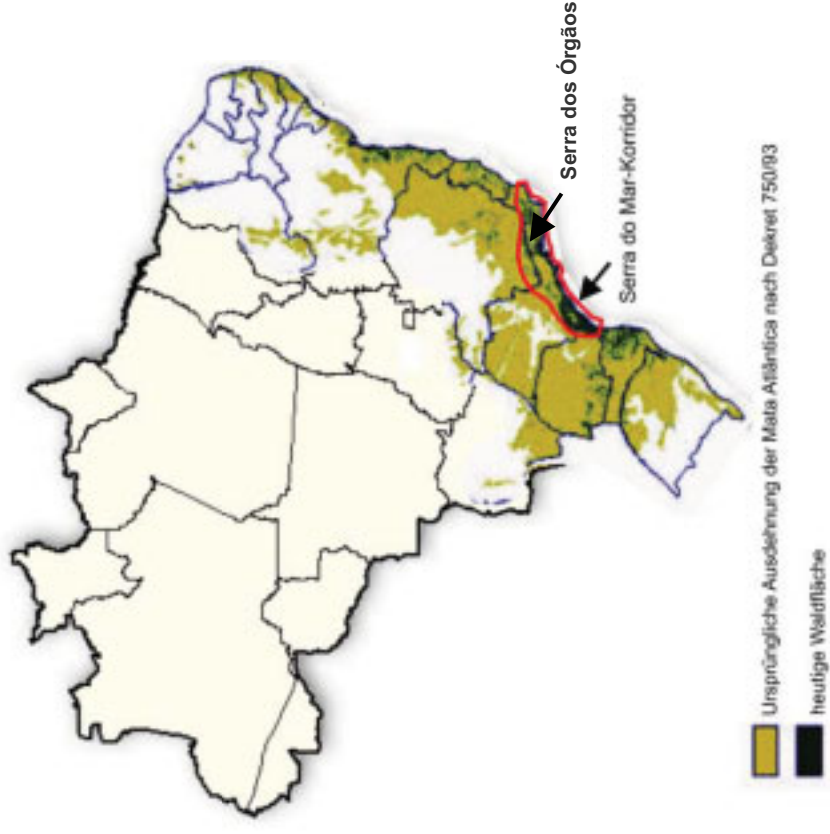


Abb. 1.1.1 (a) Potentielle natürliche Vegetation und (b) ursprüngliche Ausdehnung und heutige Waldfläche der Mata Atlântica in Brasilien (nach Fundação SOS Mata Atlântica / INPE / ISA 1998)

Bundesstaaten: CE (Ceará), RN (Rio Grande do Norte), PB (Paraíba), PE (Pernambuco), PI (Piauí), AL (Alagoas), SE (Sergipe), BA (Bahia), GO (Goiás), ES (Espírito Santo), RJ (Rio de Janeiro), MG (Minas Gerais), SP (São Paulo), MS (Mato Grosso do Sul), PR (Paraná), SC (Santa Catarina), RS (Rio Grande do Sul)

Um das langfristige Überleben solcher Arten und die Stabilität der Ökosysteme insgesamt zu sichern, bedarf es nicht nur der Einrichtung von Schutzgebieten, sondern darüber hinaus einer Vernetzung dieser Gebiete untereinander und mit der sie umgebenden Kulturlandschaft, in der die verbliebenen Waldfragmente eine wichtige Rolle spielen. Nur so sind langfristig die räumliche Ausbreitung und der genetische Austausch zwischen den Arten zu gewährleisten. Dieses Ziel wird mit der Einrichtung so genannter „ökologischer Korridore“ verfolgt (CEPF 2001).

Gegenwärtig existieren im brasilianischen Teil der Mata Atlântica zwei solcher Korridore, der stark fragmentierte „Zentralkorridor“ und der „Serra do Mar-Korridor“ mit der Serra dos Órgãos, der die gleichnamige biogeographische Region umfasst (siehe Abb. 1.1).

Im Bereich dieser Korridore ist eine Vielzahl von nationalen und internationalen Projekten angesiedelt, die sich der Erforschung und dem Schutz der Mata Atlântica widmen. Von deutscher Seite fördert das Ministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in Kooperation mit dem brasilianischen Wissenschaftsrat (CNPq) seit 2002 verschiedene Projekte zur nachhaltigen Nutzung des brasilianischen Küstenregenwaldes,

so auch von 2002 bis 2005 das Projekt „Biodiversity in Integrated Land-use Management for Economic and Natural System Stability in the Mata Atlântica of Rio de Janeiro, Brazil (BLUMEN)“, welches die Erforschung von Natur- und Kulturräumen und deren Interaktionen in der Serra dos Órgãos zum Ziel hatte.

Die vorliegende Dissertation ist im Rahmen des Projekts „BLUMEN“ entstanden. Vor dem Hintergrund der übergeordneten Fragestellungen widmet die Arbeit sich der quartären Landschaftsgenese und historischen -degradation in der Serra dos Órgãos. Der Fokus der Forschungen liegt auf der quartären Relief- und Bodenentwicklung während der quartären Klimazyklen und den anthropogenen Eingriffen in den Landschaftsraum seit dem Eintreffen der ersten Jäger- und Sammler-Kulturen. Darauf aufbauend werden Risiken einer weiteren Nutzungsintensivierung aufgezeigt und Vorschläge für eine an die naturräumlichen Gegebenheiten angepasste Bewirtschaftung unterbreitet.

Die Arbeit spannt damit einen weiten Rahmen von geowissenschaftlicher Grundlagenforschung über landschaftshistorische Fragestellungen bis zur aktuellen Landnutzungsproblematik.

1.2 Problemstellung

Der Naturraum der Serra dos Órgãos hat trotz seiner exponierten Lage im Hinterland von Rio de Janeiro bis heute einen besonderen biologischen Reichtum und eine außergewöhnliche landschaftliche Schönheit bewahrt. Dass im Südosten Brasiliens, dem mit Abstand bevölkerungsreichsten und wirtschaftlich wie infrastrukturell fortschrittlichsten Landesteil überhaupt noch größere, artenreiche Regenwälder existieren, ist der gebirgigen, schwer zugänglichen Landesnatur zu verdanken. Daher finden sich auch in der Serra dos Órgãos ausgedehnte Wälder fast ausschließlich in Höhen- und Steillagen, wo eine flächenverbrauchende Nutzung nicht möglich oder nicht lohnend ist und es auch in jüngerer Vergangenheit nicht war (PRIMACK 1993, MURCIA 1995).

Außerhalb der zentralen Gebirgszüge konzentrieren sich die Waldflächen auf kleine, heterogene und isolierte Fragmente innerhalb einer agrarisch geprägten Landschaft. Im Bergland

erfüllen die Waldfragmente wichtige Funktionen als biologische Vernetzungsstrukturen (*Trittschnecken*), Wasserspeicher, Klimaregulatoren und Hangstabilisatoren (VIANA & TABANEZ 1996, FUNDAÇÃO SOS Mata Atlântica/INPE/ISA 1998, NEHREN & HEINRICH 2007).

Gegenwärtig geraten sowohl größere Waldflächen als auch Fragmente verstärkt unter Nutzungsdruck. Durch die Lage in der Peripherie der Megacity Rio de Janeiro sind die Nutzungsansprüche besonders hoch und die Konflikte vielfältig. So hat sich die Berglandschaft im Lee des Gebirgskamms zu einem wichtigen Produktionsstandort von Gemüse und Obst entwickelt, welches größtenteils in Rio de Janeiro vermarktet wird (GAESE & SCHLUETER 2006). Zu beobachten ist eine flächenhafte Ausweitung des intensiven Gemüsebaus und ein Vordringen in steile Hanglagen, womit ein weiteres Zurückdrängen der Waldfragmente und verstärkte Prozesse der Bodenerosion einhergehen (Bild 1.1.2).



Bild 1.1.2 Gemüsebau bei Mottas, Munizip Teresópolis

Die Nutzungsintensivierung führt zu vielfältigen Problemen im Landschaftshaushalt. Die Arbeit nähert sich diesen mit einem landschaftsgenetischen Ansatz, indem sie die (jung)quartäre Landschaftsentwicklung untersucht und darauf aufbauend die historischen und gegenwärtigen Eingriffe des Menschen bewertet. Auf diese Weise wird eine klare Trennung zwischen der natürlichen Landschaftsentwicklung und der anthropogen bedingten Prozessdynamik und Überformung der Landschaft vollzogen.

Diese Vorgehensweise ermöglicht eine Bewertung des „Ist-Zustandes“ der Landschaft in Hinblick auf natürliche Potenziale, Sensitivität, Adaptionsfähigkeit und Vulnerabilität, die nicht nur auf einer Momentaufnahme, sondern auf fundierten landschaftsgenetischen Kenntnissen beruht. Sowohl die Landschaftsgenese als auch die historische Degradation sind also nicht nur von rein wissenschaftlichem Interesse, sondern eine wichtige Grundlage für aktuelle, praxisorientierte Fragestellungen, etwa bezüglich der Struktur und Regeneration von Regenwäldern oder landwirtschaftlichen Potenzialen.

Zur quartären Landschaftsgenese der Rumpfflächenlandschaften Südostbrasilien wurden von Seiten der Geo- und Biowissenschaften wichtige Grundlagen erarbeitet, die ein zusehends genaueres Bild der Landschaftsentwicklung während der quartären Klimazyklen zeichnen. Hervorzuheben sind auf brasilianischer Seite die grundlegenden Arbeiten von AB'SABER (zwischen 1956 und 1982) und BIGARELLA (zwischen 1961 und 1991), auf deutscher Seite die von SEMMEL & ROHDENBURG (1979), ROHDENBURG (1982, 1983), SEMMEL (1982), BIBUS (1983, 1984) sowie BORK & ROHDENBURG (1983, 1985). In der Paläoklimatologie und -ökologie gehen wichtige Erkenntnisse auf Arbeiten von BEHLING (seit 1993) und LEDRU (seit 1993) zurück.

Die vorliegende Dissertation baut auf diesen Untersuchungen auf und widmet sich primär den Zusammenhängen zwischen Klima, Wasserverhältnissen, Vegetationsbedeckung, Relief- und Bodengenese. Vor allem im Hinblick auf die Bodenentwicklung sind die Kenntnisse bis heute nur bruchstückhaft. In diesem Zusammenhang wird der Genese von (gelb)braunen Böden und Steinlagen ein besonderer Stellenwert eingeräumt. Bereits seit langem wird deren Entstehung und klimagenetische Interpretation kontrovers diskutiert, ohne dass sich bislang ein bestimmtes Modell durchgesetzt hat.

Weiterhin sind auch bezüglich der Entwicklung von Rumpfflächenlandschaften noch viele Fragen offen. Die meisten geomorphologischen Untersuchungen fanden in stark eingerumpften Berglandschaften des zentralen brasilianischen Schildes statt, da man sich hier wohl vermehrt Zeugnisse der Klima- und Reliefentwicklung, beispielsweise in Form von Pedimenten und Terrassen, erhoffte.

Aus Sicht des Autors ist es aber nicht minder aufschlussreich, die rezente Morphodynamik in einem juvenilen Hebungsgebiet wie der Serra dos Órgãos zu untersuchen und hieraus Schlüsse für die Genese von Rumpfflächenlandschaften zu ziehen. Da sich die Serra dos Órgãos zumindest in Teilen noch in einem naturnahen Zustand befindet, sind Landschaftsarchive in Form charakteristischer Sedimentabfolgen, natürlich gelagerter Böden und geomorphologischer Formen erhalten. Bei einer weiteren anthropogenen Überprägung werden Rückschlüsse auf die Landschaftsgenese in naher Zukunft nur noch begrenzt möglich sein.

Die historische Landschaftsdegradation in Südostbrasilien steht in direktem Zusammenhang mit der Zerstörung der Wälder und spezifischen Nutzungszyklen. Für Südostbrasilien sind der mit der Kolonialisierung beginnende Einschlag des

Brasilholzes (*Pau Brasil*) und der anschließende großflächige Anbau von Zuckerrohr und Kaffee bekannt (DEAN 1995). Wenig weiß man jedoch über die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Nutzungen und Degradationsformen in zeitlicher und räumlicher Hinsicht. Diese Kenntnisse sind aber unverzichtbar, um die Folgen der gegenwärtigen Nutzungsintensivierung beurteilen zu können.

So stellen sich unter anderem die Fragen, inwieweit bereits indigene Kulturen zur Entwaldung und Bodenerosion beitragen, wie sich die koloniale und moderne Erschließung der Gebirgsregion vollzog und welche Veränderungen der Landschaft damit einhergingen. Dies schließt auch die Frage ein, ob die Waldfragmente der Berglandschaft als Relikte ehemals zusammenhängender Wälder oder aber als jüngere Sukzessionsstadien nach einer Nutzung zu deuten sind.

Für die Beurteilung der gegenwärtigen Probleme sind neben Kenntnissen der Landschaftsgenese, der naturräumlichen Ausstattung und der historischen Vorbelastungen die sozioökonomischen Triebkräfte entscheidend, da diese die weitere Entwicklung der Landschaft maßgeblich steuern. Hieran geknüpft ist die Frage, wie sich eine weitere Suburbanisierung und Nutzungsintensivierung auf die Landschaft auswirken wird. Vor allem die Zusammenhänge zwischen Entwaldung, Nutzung, Bodenerosion und Wasserhaushalt sind bis dato nur unzureichend erforscht. Um weiteren Fehlentwicklungen gegensteuern und geeignete Nutzungskonzepte und Managementstrategien entwickeln zu können, ist eine ganzheitliche Betrachtungsweise der Landschaft

mit ihren ökologischen und sozioökonomischen Ausprägungen zwingend erforderlich.

Fasst man die genannten Aspekte zusammen, so ergeben sich für die vorliegende Arbeit folgende aufeinander aufbauende Fragestellungen:

1. Wie hat sich der Naturraum unter „*natürlichen*“ Bedingungen, d.h. ohne Einfluss des Menschen während der quartären Klimazyklen entwickelt?
2. Wie vollzog sich die Landschaftsgeschichte unter dem Einfluss des Menschen? Wie hat dieser in zeitlicher und räumlicher Hinsicht in den Landschaftshaushalt eingegriffen, welche Konsequenzen hatten die Eingriffe für die Vegetationsbedeckung sowie die Relief- und Bodenentwicklung und welche Formen und Intensitäten der Landschaftsdegradation gingen mit der Nutzung einher?
3. Wie stellt sich die aktuelle Situation in Bezug auf die Entwaldung und Landschaftsdegradation in der Serra dos Órgãos dar? Welche systemischen Zusammenhänge und sozioökonomischen Triebkräfte können identifiziert werden?
4. Welche Prognosen können aus den Kenntnissen über die natürliche Landschaftsgenese, die historische Degradation und die gegenwärtige Nutzungsdynamik für die zukünftige Landschaftsentwicklung abgeleitet werden? Welche Nutzungsprobleme sind zu erwarten und wie kann gegengesteuert werden?

1.3 Ziele

Die Ziele der Arbeit leiten sich unmittelbar aus den in Kapitel 1.2 formulierten Fragestellungen ab. Sie lassen sich zu drei übergeordneten Zielsetzungen zusammenfassen:

1. Rekonstruktion der quartären Landschaftsgenese in der Serra dos Órgãos

Grundlage ist das Beziehungsgefüge der Geo- und Biokomponenten sowie ihr Zusammenwirken in der Landschaft. Ziel ist es, ein größeres Wissen über die Veränderung und Anpassung der Landschaft, insbesondere der Systemkomponenten Vegetation, Relief und Boden während der

quartären Klimazyklen zu erlangen. Darüber hinaus sollen auch Aufschlüsse über die Genese von Rumpfflächenlandschaften und insbesondere die Verbreitung und Entstehung von (gelb)braunen Böden und Steinlagen gewonnen werden. In diesem Zusammenhang sind wiederum Kenntnisse über die tertiäre Landschaftsgenese unverzichtbar.

2. Analyse räumlich-zeitlicher Muster der Landschaftsdegradation

Die Entwicklung der Gebirgslandschaft ist spätestens mit Eintreffen der Europäer maßgeblich

vom Menschen beeinflusst worden. Die massive Zerstörung der Wälder und Übernutzung rechtfertigen es, von einer Degradation der Landschaft zu sprechen. Ein Ziel dieser Arbeit ist es, Erkenntnisse darüber zu erlangen, wie sich die *direkten* Eingriffe des Menschen durch Abholzung, Brandrodung und Nutzung auf die Landschaftsstruktur, die morphodynamischen Prozesse und die Bodeneigenschaften ausgewirkt haben und inwiefern dabei zeitlich und räumlich differenzierte Nutzungs- und Degradationsmuster erkennbar sind. Der jeweilige Degradationsstatus ist für die weitere Nutzung als Vorbelastung zu berücksichtigen. *Qualitative* Beeinträchtigungen von Waldstandorten, beispielsweise durch Stoffeinträge, Waldweidenutzung oder selektivem Einschlag werden in dieser Arbeit nur am Rande betrachtet.

3. Analyse der aktuellen Landnutzungsdynamik und Landschaftsdegradation am Beispiel des Munizips Teresópolis

Das Munizip Teresópolis ist insofern beispielhaft, als dass es zusammenhängende Regenwälder und zahlreiche Waldfragmente sowie alle relevanten Nutzungen (v.a. Gemüse- und Obstbau, Weidenutzung, Eukalyptusaufforstungen, Tourismus) repräsentiert und gegenwärtig von einer starken Nutzungsintensivierung und Suburbanisierung betroffen ist. Ziel ist es, die wesentlichen Zusammenhänge zwischen aktueller Landschaftsdegradation und sozioökonomischen Triebkräften sowie mögliche Folgen für die weitere Nutzung aufzuzeigen. Im Einzelfall sollen auch Hinweise für eine Optimierung des Nutzungsmanagements gegeben werden.

1.4 Arbeitshypothesen

Für die in Kapitel 1.3 definierten Ziele werden nachfolgend Arbeitshypothesen formuliert, die es mit Hilfe von verschiedenen Untersuchun-

gen nach dem landschaftsgenetisch-landschaftsökologischen Forschungsansatz zu überprüfen gilt.

Arbeitshypothesen zur quartären Landschaftsgenese der Serra dos Órgãos

- 1 Während der quartären Klimazyklen kam es in der Serra dos Órgãos zu einem mehrfachen Vordringen und Rückzug der Wälder. Die Variabilität des Klimas und die damit einhergehende Vegetationsbedeckung bestimmten maßgeblich die Relief- und Bodengenese. Mit Hilfe von Landschaftsarchiven lassen sich die Auswirkungen der quartären Klimaschwankungen auf Relief und Böden rekonstruieren und somit wichtige Erkenntnisse über die Entwicklung von Rumpfflächenlandschaften ziehen.
 - 2 Die Verbreitung und Beschaffenheit (gelb)brauner Böden und Steinlagen lassen Rückschlüsse auf die Klima- und Landschaftsgenese im Jungquartär zu. Es wird davon ausgegangen, dass beide Erscheinungsformen mit spezifischen bodengenesischen und geomorphologischen Prozessdynamiken in Verbindung gebracht werden können.
 - 3 Unter Einbeziehung der Erkenntnisse aus anderen Disziplinen, insbesondere der Paläoklimatologie, Paläoökologie, Anthropologie, Archäologie und Geschichte, ist eine Rekonstruktion der Landschaftsgenese als *landschaftsgenetisches Modell* möglich.
-

Arbeitshypothesen zur historischen und aktuellen Landschaftsdegradation

- 1 Die historische Landschaftsdegradation lässt sich im Gelände anhand von Degradationsformen interpretieren. Unter Zuhilfenahme archäologischer und historischer Quellen können räumliche und zeitliche Degradationsmuster aufgezeigt werden.
 - 2 Es wird davon ausgegangen, dass es sich bei den heutigen Waldstandorten größtenteils um Sekundärwälder handelt, die schon einmal unter Nutzung standen.
 - 3 Die aktuelle Nutzungsintensivierung in der Serra dos Órgãos führt zu einer weiteren Landschaftsdegradation, vor allem zu einer Fragmentierung von Waldflächen und verstärkter Bodenerosion. Zudem sind eine Verringerung des Wasseraufnahmevermögens der Böden, damit ein verstärkter Oberflächenabfluss und in der Folge häufigere Hochwässer und eine verstärkte Tiefen- und Seitenerosion der Gerinne zu erwarten. Die für die Landschaftsdegradation verantwortlichen sozioökonomischen Triebkräfte lassen sich auf Grundlage sozioökonomischer Sekundärdaten für das Munizip Teresópolis identifizieren.
-